

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Diagnostika ložiskových konstrukcí betonových mostů
Diagnosis of bearing structures of concrete bridges

Student:

Tomáš Jelínek

Vedoucí bakalářské práce:

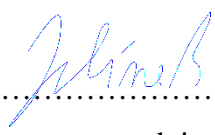
Ing. Pavel Mec

Ostrava 2017

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2. 5. 2017

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2. 5. 2017

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JELÍNEK, Tomáš. *Diagnostika ložiskových konstrukcí betonových mostů*. Ostrava, 2017. 64 s. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení diagnostických metod a specifik při jejich použití v ložiskové oblasti. Nezbytnou součástí je praktický přehled způsobů uložení nosné konstrukce mostů používaných na území ČR, které je možné při diagnostice zastihnout. Tato část je založena na informacích ze soudobé odborné literatury, norem a výrobních či typizačních směrnic, jež se mi podařilo získat, a současných předpisů. Poznatky byly využity při prohlídce mostu ev. č. 8-045 v Bystřanech s cílem určení typu ložiskových konstrukcí a určení jejich stavu.

ANNOTATION

The aim of this bachelor thesis is to evaluate the diagnostic methods and the specifics in their use in the bearing area. An essential part of this is a practical overview of historical and actual ways of the bridge construction used in the territory of Czech Republic, which can still occur during the diagnosis. This section is based on information from current regulations and former technical literature, standards and case directives I gathered. The information were used for inspection of the bridge ev. no. 8-045 in Bystřany in order to determine the type of bearing structures and their quality.

KLÍČOVÁ SLOVA

most, diagnostika, nosná konstrukce, podpora, ložisko, kloub, prohlídka

KEYWORDS

bridge, diagnosis, upper structure, support, bearing, hing, inspection

Obsah bakalářské práce:

Seznam použitého značení	7
1. Úvod.....	8
2. Současný stav řešené problematiky	9
3. Rozdělení mostů	10
3.1. Integrované mosty	10
3.2. Integrované mosty se závěry	11
3.3. Polointegrované mosty	12
3.4. Tradiční mosty	13
3.5. Mosty z jiných materiálů.....	13
4. Hodnocení stavu mostu	14
5. Diagnostické metody ložiskové oblasti	16
5.1. Tvrdoměrné metody	16
5.2. Ultrazvukové metody	18
5.3. Radiografické metody	19
5.4. Alternativní metody	20
6. Způsoby uložení	21
6.1. Klouby	21
6.1.1. Olověný kloub	23
6.1.2. Kloub s tvrdou vložkou.....	24
6.1.3. Válcový kloub	25
6.1.4. Válcový kloub armovaný.....	26
6.1.5. Kyvný blok	27
6.1.6. Pérový kloub (Mesnagerův)	28
6.1.7. Kyvná stěna	30
6.1.8. Vrubové klouby (Freyssinetovy)	31
6.2. Ložiska	33
6.2.1. Desková ložiska	35
6.2.2. Tangenciální ložiska.....	36
6.2.3. Kolejnicová ložiska	37
6.2.4. Kotvená ložiska.....	38
6.2.5. Vahadlová ložiska pevná	39
6.2.6. Vahadlová ložiska pohyblivá	40
6.2.7. Normalizovaná válečková ložiska	41

6.2.8. Elastomerová ložiska jednoduchá a vyztužená.....	45
6.2.9. Elastomerová ložiska prstencová (hrncová).....	47
7. Diagnostika uložení mostu ev. č. 8-045	48
7.1. Hodnocení stavu mostu ev. č. 8-045.....	56
8. Závěr	57
9. Seznam použitých pramenů	58
10. Přílohy.....	61
Příloha A	61
Příloha B	63

Seznam použitého značení

TKP	Technické kvalitativní podmínky
TP	Technické podmínky
VL	Vzorové listy
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
NK	nosná konstrukce
SS	spodní stavba
UP	úložný práh
Mp	megapond, jednotka síly
MPa	megapascal, jednotka napětí
kN	kilonewton, jednotka síly
ks	počet kusů
g	tíhové zrychlení [m/s ²]
A	plocha [m ²]
b	šířka (obecně) [m]
t	tloušťka (obecně) [m]
tl	tloušťka [m]
h	výška (obecně) [m]
l	délka (obecně) [m]
L	rozpětí [m]
d	průměr [m]
r	poloměr [m]
φ	úhel [°]
Δφ	pootočení [°]
Ø	průměr (výztuže) [mm]

1. Úvod

Uložení nosné konstrukce mostů je spolu s přechodem převáděné komunikace z mostního objektu na terén nejcitlivějším detailem a prvkem rozhodujícím o jeho funkčnosti. V závislosti na typu a provedení dosahuje životnost uložení od plné životnosti objektu v případě rámových konstrukcí a kloubů po návrhovou životnost moderních či historických ložisek 30 let. Z porovnání s návrhovou životností mostu 100 let vyplývá nutnost tato ložiska po určitém čase vyměnit. Stanovení této doby v závislosti na skutečném stavu a míru nutnosti zásahu vnímám jako jeden z důležitých úkolů diagnostiky mostních konstrukcí.

Nezbytným předpokladem pro správné zhodnocení stavu ložiska a stanovení únosnosti je v první řadě určení jeho typu, kdy historickým vývojem je dána velká variabilita používaných druhů. V první části své práce popisuji obecné konstrukční typy mostů a u nich očekávatelné způsoby uložení nosné konstrukce. Druhá část je věnována hodnocení jejich stavu dle platných norem a vybraným diagnostickým metodám. Ve třetí části uvádím konkrétní technická řešení používaná na našem území v posledních přibližně 70 - ti letech. Důraz je kladen na období před zavedením současného legislativního a předpisového rámce, kdy potřebné informace jsou roztroušeny v různých publikacích a dokumentech, často jen těžko dostupných. Přitom starší a dnes už nenavrhaná řešení se stále nachází na velké části mostních objektů, jejich určení může být po desetiletích v konstrukci obtížné i s odpovídajícími podklady. Vzniklý souhrn by mohl usnadnit činnost při prohlídkách a diagnostice mostů, což ověřuji v poslední části, konkrétně prohlídkou mostu 8-045 v Bystřanech u Teplic a určením typu použitých ložisek dle jejich geometrických parametrů.

Vytčeným cílem práce je získání osobního vhledu do této klíčové části mostního stavitelství jak z hlediska diagnostiky, tak i navrhování, a vytvoření použitelného přehledu této rozsáhlé oblasti.

2. Současný stav řešené problematiky

Uložení nosných konstrukcí musí být závazně řešeno dle zákona o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů 22/97 Sb. a příslušných nařízeních vlády. V platnosti je velice rozsáhlá norma ČSN EN 1337 Stavební ložiska [4] rozdělená do jedenácti částí, z nichž čtyři jsou obecné a sedm definuje požadavky a hodnocení pro ložiska kluzná, elastomerová, válcová, hrncová, vahadlová a kalotová a cylindrická pro celý obor stavebnictví. Na základě těchto dokumentů vznikly Technické předpisy Ministerstva dopravy ČR pro stavby pozemních komunikací a Předpisy pro stavby drah a stavby na dráze, které blíže specifikují požadavky subjektů podílejících se na výstavbě a správě dopravních komunikací.

Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) ČR smluvně vyžaduje dodržování těchto technických předpisů zahrnujících Technické kvalitativní podmínky (TKP), Technické podmínky (TP) a Vzorové listy staveb pozemních komunikací [23] (VL). Pro problematiku ložiskových konstrukcí mostů jsou klíčové kapitola 1 TKP – Všeobecně [1] a kapitola 22 TKP – Mostní ložiska [2], dále TP 75 – Uložení nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací [5], TP 160 Mostní elastomerová ložiska [6] a TP 173 Mostní hrncová ložiska [7]. Ve čtvrté části vzorových listů jsou pak definovány geometrické a materiálové požadavky na vrubové klouby, úložné prahy a uložení hrncových, elastomerových a vodících ložisek.

Navzdory širokému pojetí této části danému normou ČSN EN 1337 došlo díky požadavkům objednatelů mostů k zúžení používaných ložisek na pouhé dva, v odůvodněných případech až čtyři druhy. Jedná se zpravidla tedy o ložiska elastomerová nebo hrncová, případně ocelová nebo cylindrická. Tomu se přizpůsobili i výrobci a velká většina nových mostů je vybavena těmito typy. Alternativně se též v čím dál větší míře prosazuje bezložiskové uložení v podobě vetknutí nosné konstrukce do podpěr (kap. 3.1) Dalším schváleným řešením jsou vrubové klouby. Tato praxe vede ke zjednodušení projekční činnosti a v budoucnu povede jistě i k snížení náročnosti diagnostiky.

3. Rozdělení mostů

Pro účely této práce jsem mosty rozdělil dle typu konstrukce do pěti skupin. V první až čtvrté skupině jsou mosty s podobným řešením uložení nosné konstrukce, s výhodami a poruchami pro ně typickými, jež uvádím dále. U všech se samozřejmě mohou vyskytovat běžné závady a poruchy způsobené špatným statickým návrhem, použitím nevhodného složení betonu, nedodržením krycí vrstvy, nedostatečným hutněním, poruchami v pracovních spárách a mnoha dalšími nedostatky a chybami.

Mostní objekty do rozpětí 2,0 m, tedy propustky, nejsou zahrnuty. Spadaly by v závislosti na provedení mezi integrovaný nebo polointegrovaný způsob uložení. Obdobně je možné zařadit všechny druhy mostů v práci výslovně neuvedené.

3.1. Integrované mosty

Pojmem integrovaný most je označován mostní objekt neobsahující závěry ani ložiska, jejichž absence výrazně snižuje cenu a náročnost výstavby. Této definici vyhovují mosty historické, nejčastěji kamenné klenby, prosté monolitické rámové konstrukce a různé systémy pro přesýpané objekty, zpravidla menších rozpětí. Z důvodu úspor jsou v poslední době navrhovány mosty s nosnou konstrukcí (NK) vetknutou do opěr i dvoj- a troj-polové. Není cílem této práce rozebírat rozdíly mezi typy těchto mostů například v založení, konstrukci opěr či kotvení přechodových desek, popíši jen základní typy z hlediska uložení nosné konstrukce a některá jejich specifika důležitá z diagnostického hlediska.

Klenby jsou zděné z kamene nebo cihel v obloucích různých parametrů, díky čemuž převádějí svislé zatížení na šikmé tlakové. Přechod mezi opěrami a nosnou konstrukcí zde nemusí být patrný ani definovatelný, při chybějící svislé části lze považovat celou klenbu za horizontální prvek. Některé spáry mohou obsahovat dilatační prvky, používaly se ocelové nebo jiné plechy, oddělující spodní stavbu (SS) a umožňující drobné posuny. U takové klenby je NK jasně definovatelná a mohla by být zahrnuta i mezi mosty polointegrované. Nyní jsou často rozšiřovány přibetonováním nových čel, obvykle doplněným příčným sepětím. Nová ŽB konstrukce tedy kopíruje stávající tvar oblouku, stejně jako v případě zesílení klenby nadbetonováním. Podobný tvar mohou mít prefabrikované dílcové systémy tvořící uzavřené průřezy. Patří mezi ně klenbové, obdélníkové, tlamové a další, které spolupůsobí se zeminou tvořící zásyp a jsou použitelné pouze pro přesýpané mosty a propustky. U železobetonových rámců může být NK pomocí ohybů hlavní nosné výztuže a pomocné výztuže vetknuta do opěr, tento způsob vyztužení se nazývá též rámový roh. Další variantou je například zabetonování prefabrikovaných, předpjatých nebo ocelových nosníků do opěr, což ovšem snižuje výhodnost

tohoto řešení zvýšením ceny. Zřejmou nevýhodou rámu je přenášení momentů a deformací do SS, proto se historicky využívaly u silničních mostů do rozpětí 20 m (u železničních do 15 m). To lze částečně kompenzovat kvalitním hutněním zásypu rubu opěr, spolupůsobícím proti pootočení průřezů dřívku způsobenému průhybem nosné konstrukce. V současnosti jsou projektovány i rámy s větší světlostí.

V závislosti na rozpětí a podélném sklonu jsou monolitické rámy odvodněny po izolaci do přechodové oblasti k rubové drenáži, případně v kombinaci s trubičkami skrze NK na terén nebo do svodu. Trubičky odvodnění izolace jsou častým místem poruch, obvykle se však nenacházejí v blízkosti vetknutí NK. U rámového rohu odděleného od stojky pracovní spárou se může vyskytovat závada jinak typická pro napojení spodní stavby na základy, kdy dojde k porušení svrchní části konstrukce krátkými, podélnými trhlinami. To je způsobeno smršťováním tvrdnoucího betonu uloženého na výrazně starší beton. K prodlevě dojde často kvůli časové náročnosti vyvázání výztuže celé nosné konstrukce, v horším případě i s jejím bedněním. Tyto trhliny významně nesnižují statickou únosnost. Díky dostatečnému vyztužení povrchu mohou vznikat pouze uvnitř průřezu. Pokud zasahují až k povrchu, usnadní přístup korozním činitelům k výztuži. Přesypané mosty jsou odvodněny vždy do přechodové oblasti. Objekty tvořené prefabrikáty jsou osazovány již dotvarované, problémem může být ale zatékání spárami mezi dílci, identicky k nejčastější poruše u kleneb. Nezbytná je dobře provedená izolace a prevence nerovnoměrného sedání podloží. Diagnostika uložení NK se u těchto objektů opírá o metody použitelné pro celý most, omezené pouze nepřístupností zejména horního povrchu a rubu, případně specifiky v podobě větší hustoty rozmístění výztuže.

Životnost vetknutí integrovaných mostů odpovídá životnosti SS, tedy návrhově 100 let, a toto provedení je považováno za bezúdržbové. V případě kvalitní ochrany proti vodě izolací horního povrchu je takový předpoklad oprávněný, stárí mnoha stále funkčních klenbových mostů je toho dokladem.

3.2. Integrované mosty se závěry

Jedná se o mosty s konstrukcí stejnou jako u integrovaných mostů, ale vybavených mostními závěry, zpravidla v kombinaci s kluznými přechodovými deskami. Toto řešení se uplatňuje zejména u moderních rámových konstrukcí tvořených předpjatými betonovými nosníky se spřaženou ŽB deskou, vetknutými do opěr. Překlenují rozpětí 20 až 30 m, kdy již zejména teplotní deformace nosné konstrukce neumožňují plynulý a bezporuchový přechod komunikace na zemní těleso. U drážních mostů se tato varianta nepoužívá. Z hlediska diagnostiky uložení se neliší od integrovaných mostů obdobné konstrukce, je zde méně pravděpodobné poškození

trhlinami u pracovních spár (při správném postupu činností). Nejcitlivějším místem u takového objektu je, při správném statickém návrhu, odvodnění v oblasti závěru. Může být vyvedeno do přechodové oblasti k rubové drenáži jako u integrovaných mostů, nebo zvláštními prostupy skrze křídla. Pro objekt je limitující provedení závěru, jeho životnost a včasná výměna, v opačném případě bude díky zvýšené vlhkosti a přístupu rozmrazovacích látek docházet k degradaci železobetonu rámového rohu z rubové strany.

3.3. Polointegrované mosty

Vyznačují se absencí závěrů a plynulým přechodem převáděné komunikace, nosná konstrukce ale není vetknuta do opěr. Statickým schématem je prostý nebo spojitý nosník. Pro menší rozpětí se využívaly prosté monolitické desky, nebo desky s přečnívajícími konci, snižujícími její potřebnou výšku. Uložení je obvykle na jedné opěře pevné a na druhé posuvné, přičemž pevné bylo v průběhu let obvykle až striktně níže položené. Používala se různá úsporná řešení, v nejjednodušším případě může být pevné uložení tvořeno pouze pružnou separační vrstvou, někdy s řadou svislých ocelových trnů vedených skrz tuto vrstvu, zabetonovaných do opěry i desky. Pohyblivé uložení tvoří dvě nespojené vrstvy, nejčastěji tvořené ocelovými plechy zabetonovanými do opěry a desky zvlášť. „Bezložiskové uložení je dovoleno navrhnout (bez posouzení vlivu tření v uložení) u mostů o rozpětí do 10 m, přičemž se použije vhodná separační vrstva tloušťky nejméně 5 mm.“ [3] Navzdory ponechání této možnosti v normě a dalším rozpracování v TP 75 [4] se domnívám, že byl daný typ uložení, s výjimkou rekonstrukcí, plně nahrazen rámovými konstrukcemi. Další variantou jsou zabetonované ocelolitinové prvky, kolejnice a podobně. Některá tato řešení byla zejména před 2. světovou válkou i typizována a postupně se z nich vyvinula modernější ložiska, která popisuji níže.

V novějším provedení se může jednat obdobně jako u integrovaných mostů o nosníky se spřaženou ŽB deskou, nosníky jsou ale buď přímo, nebo přes příčník, uloženy na ložiska. Ta spočívají dle typu mostu na úložných prazích, s podložiskovými bloky či bez nich, nebo přímo na opěrách. Opěry mohou být subtilnější než u integrovaného mostu stejného rozpětí, v případě založení na násypu vyhovují již nízké základové patky, nebo pilotová či štětovnicová stěna. U rozpěrákových mostů je desková nosná konstrukce uložena na obou opěrách kloubově, nebo na pevné ložisko. To umožňuje pootočení průřezů a nedochází k přenosu momentů do SS jako u rámového rohu, přejímá však horizontálně působící síly.

U polointegrovaných mostů je zpravidla obtížné proveditelné trvalé odizolování přechodu proti vodě. Zároveň se jedná o provedení omezeně nebo zcela nedostupné, zejména u starších

objektů, které znemožňuje údržbu nebo i jen prohlídku. To vede často k poruchám a vzhledem k obtížně realizovatelným opravám až k předčasnému snesení NK či celého mostu.

3.4. Tradiční mosty

Tradičními mosty v této práci označuji mosty vybavené závěry a ložisky, případně kombinací ložisek a kloubů. Mostovka může být horní, dolní nebo mezilehlá. U betonových mostů se jedná zpravidla o mostovku horní. Nosná konstrukce je nejčastěji trémová, přičemž v závislosti na rozpětí pole (polí) a šířce mostu jsou používány deskové trámy prefabrikované, nebo monolitické jedno- a dvojtrámy. Ty mohou být vylehčeny dutinami nebo komorami. Pro menší rozpětí a nízkou konstrukční výšku se používají deskové mosty. Ve většině případů se může jednat o konstrukce předem nebo dodatečně předpínané. Pro větší rozpětí mohou být trámy podporovány oblouky nebo vzpěradly. K zajištění tuhosti konstrukce slouží mezilehlá příčná ztužidla nebo příčníky, nad podporami jsou příčníky ve většině případů. Mohou být příčně předepjaté. Spodní stavba je pro uložení NK a roznos sil působících od ložisek opatřena úložnými prahy, postupně byly zaváděny i vysokopevnostní podložiskové bloky. Existovala široká škála ložisek a kloubů nejrůznějších konstrukcí, s různě dlouhým obdobím a četností využívání, přičemž většina z nich je na mostních objektech jistě stále osazena. V souladu s platnými normovými předpisy, pokud není zasmluvněna závaznost doplňujících předpisů například ŘSD, je možné navrhovat některé osvědčené historické způsoby uložení dodnes. Mohou tedy být k zastižení i u novostaveb, například lávek nebo technologických mostů. Důvod je stejný jako v době vzniku mnohých z nich, tedy zejména nižší pořizovací cena. Z diagnostického hlediska se jedná o nejpestřejší skupinu mostů s mnoha různými možnými poruchami, stavebně technický průzkum je zde vždy unikátní a komplexní záležitost.

3.5. Mosty z jiných materiálů

Zejména mosty trémové, příhradové a obloukové ze dřeva či kovu, lanové, dále zavěšené, ale třeba i pontonové nebo zvedací / otočné. Spodní stavba je často zděná nebo železobetonová. V případě trémových a příhradových mohou být použita některá ložiska stejná jako u betonových mostů, nebo obdobná s drobnými úpravami. U ostatních se jedná o specifická technická řešení uložení nosné konstrukce, pro svou nákladnost se používají pouze v opodstatněných případech. V této práci se jim dále nevěnuji.

4. Hodnocení stavu mostu

V rámci stavebně technického průzkumu je nezbytné vyhodnotit vlastnosti zkoumané konstrukce, zejména z hlediska statického. Hodnotí se celkový stav a stav jednotlivých částí, v případě nedostupnosti například u založení nebo rubových drenáží je jejich stav usuzován z případných projevů poruch. Součástí průzkumu je odhad trvanlivosti objektu a návrh stavebních úprav a činností údržby. K tomu slouží v případě mostních a podobných objektů metodika uvedená v ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací [14] a ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí [15]. Vlastnosti důležité pro statický posudek jsou vyšetřovány pomocí škály diagnostických metod, jejichž postup a náležitosti jsou uvedeny v příslušných normách. Jedním z jejich nejobecnějších dělení je dle velikosti zásahu do konstrukce či vyšetřovaného prvku na destruktivní, semi-destruktivní a nedestruktivní. Destruktivní se používají zejména při určování vlastností k tomu účelu vyrobených těles, na stávající konstrukce jsou užívány primárně metody nedestruktivní, zpřesňované výsledky a hodnocením vzorků odebraných semidestruktivními metodami.

V normě ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu – Společná ustanovení [16] jsou definovány vztahy pro vyhodnocení a upřesnění ukazatelů vlastností získaných zkouškami tvrdoměrnými, ultrazvukově impulzovými, rezonančními, radiometrickými, radiografickými, magnetickými, přídržnostními a vytrhávacími. Jejich využitelnost v oblasti uložení nosné konstrukce je ovšem omezena, zejména kvůli rozměrům přístrojů a sond, které ve stísněných prostorech u ložisek a kloubů nemohou být vždy použity. Situaci také komplikuje zvýšená příčná i podélná hustota výztuže a obtížnost úpravy zkušební povrchu. Platí zde více než jinde zásada: „Je nutné se vyhnout odběru vzorků v těch místech nebo takovými metodami, které mohou ohrozit spolehlivost konstrukce.“ [15] Odběr vzorku betonu tedy není možné v blízkosti uložení obecně doporučit. V některých případech je možné bez zvýšeného rizika provádět vývrty dle ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku [17]. Jedná se o složitou problematiku, jejíž zhodnocení uvádím podrobně u jednotlivých metod a zvláště u některých specifických kloubových uložení. Posouzení stavu mostu je výsledkem hlavní nebo mimořádné mostní prohlídky a sestává ze tří oddílů, ve kterých je určena spolehlivost konstrukce ve smyslu poměru aktuální únosnosti k původní, použitelnost obsahuje závady převáděné komunikace a vybavení mostu a v posledním je hodnocena naléhavost odstranění závad. Spolehlivost je hodnocena sedmi klasifikačními stupni dle následující tabulky, zvláště pro spodní stavbu a pro nosnou konstrukci, ke které jsou obvykle přiřazeny ložiskové konstrukce.

klasifikační stupeň stavu	stav konstrukce	součinitel stavu konstrukce α
I	bezvadný	1.0
II	velmi dobrý	1.0
III	dobrý	1.0
IV	uspokojivý	0.8
V	špatný	0.6
VI	velmi špatný	0.4
VII	havarijní	0.2

Tab 1. Klasifikační stupeň stavu mostu [14]

V oblasti uložení se sleduje „zda ložiska a klouby mohou plnit své funkce (posuny a pootočení), zda nejsou poškozené, znečištěné nebo zrezivělé, zda jejich jednotlivé části jsou ve správné poloze a úplně doléhají, zda jejich protikorozi ochrana (popř. kryty) nejsou porušeny.“ [14] Zvlášť pro ložiska je uveden další odstavec: „Zjišťuje se, zda ložiska jsou správně uložena na úložné bloky pod ložisky (dosednutí celou plochou ložiska a zda nejsou úložné bloky porušené (u starších mostů posunuté). U ložisek se dále sleduje čistota kolem těsnících uzávěrů, jejich stav, vzhled popř. jejich deformace, osazení měrek posunu ložiska.“ [14] Význam správného návrhu a dobrého stavu ložisek a kloubů pro funkčnost mostu zřetelně vyplývá z přiřazení jejich závad ke klasifikačním stupňům. Jako první a nejlehčí závada je uvedeno zatékání na ložiska, které řadí konstrukci do IV. Uspokojivý stav a již samo o sobě u jinak bezvadného mostu snižuje zatížitelnost na 80%. Nesprávně nastavená nebo posunutá ložiska řadí konstrukci do V. Špatný stav, v tomto případě je zpravidla možná oprava bez větších stavebních zásahů. Silně posunutá nebo zablokovaná ložiska spadají do VI. Velmi špatný stav, což je situace pro spolehlivost konstrukce velice limitující a jen obtížně, zpravidla nákladně napravitelná.

Z uvedeného vyplývá, že je v této metodice kladen důraz na geometrii osazení ložiskových prvků a jejich ochranu před korozními činiteli. Samotné parametry způsobu uložení z hlediska únosnosti jsou usuzovány až z případných poruch, nikde také není zmíněna nutnost kontroly shody stavební dokumentace nebo protokolů předchozích prohlídek se skutečně osazenými ložisky. Shodu lze předpokládat, možná je kontrola vnímána jako samozřejmost, její zanedbání však může vést k mylným závěrům ohledně zatížitelnosti mostu, zejména při jeho rozšiřování, změně provozu nebo přejezdu nadměrného nákladu.

Na základě posouzení stavu mostu může být zadán jeho diagnostický průzkum, který kromě popisu vad zkoumá i jejich příčiny, možný vývoj a tím i životnost objektu. K určení materiálových charakteristik slouží diagnostické metody uvedené výše, se zaměřením na problematiku uložení NK jsou podrobně rozebrány v následující kapitole.

5. Diagnostické metody ložiskové oblasti

První, přístrojově nejméně náročnou a vstupní metodou každého průzkumu je vizuální kontrola skutečného, aktuálního stavu, prováděná akreditovanou nebo jinak oprávněnou osobou k vykonávání příslušných prací. V případě funkčnosti uložení je cílem zpřesnění informací získaných z prohlídky a získání podkladů o vlhkostním režimu v blízkosti ložiskových konstrukcí, zaznamenat výskyt trhlin a jejich vlastnosti, zejména šířku, hloubku a orientaci, případně aktivitu. Důležitý je výskyt míst s odkrytou výztuží u úložného prahu, ŽB kloubu nebo podložiskových bloků, jsou-li přítomny. Vizuální kontrola může být doplněna akustickou trasovací metodou dostupných povrchů přiléhající části nosné konstrukce, kloubu či UP pro odhalení podpovrchových dutin a oslabených míst. Nezbytnou součástí by mělo být získání parametrů použitého úložného prostředku dostačujících pro jednoznačné určení jeho typu, nemusí to být ovšem vždy proveditelné. Výhodou je znalost původní stavební dokumentace, pokud je tato zachována. Na tomto základě je rozhodnuto o okamžitých opatřeních, dalším postupu činností, provedení a rozsahu určujících diagnostických metod.

Před jejich zahájením je vhodné konstrukci místně očistit, určit její teplotu a vlhkost (např. hrotovým vlhkoměrem), lokalizovat povrchové pruty výztuže vhodným magnetickým indikátorem a zjistit mocnost zkarbonatované vrstvy fenolftaleinovou zkouškou.

V dalším textu se věnuji rozboru diagnostických metod, které považuji za vhodné k použití v oblasti zaměření této práce a zároveň se jejich postup nebo použitelnost může lišit od běžného užití při diagnostice betonových mostů. V rozboru tak chybí například zkoušky přídržnosti či rezonanční, z těch zcela nevhodných zmíním metodu vytrhávací dle ČSN EN 12504-3. Naopak zjištění obsahu chloridových iontů zde může být v mnoha případech důležitou a přínosnou zkouškou, která nevyžaduje velký zásah do konstrukce, její proveditelnost však není ovlivněna.

5.1. Tvrdoměrné metody

V současnosti jsou ve většině případů prováděny pomocí Schmidtových odrazových tvrdoměrů dle normy ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu [19]. V normě je možnost použití tvrdoměrů jiných výrobců měřících na stejném principu, a použití špičkových tvrdoměrů pro betony nižších pevností nebo betony částečně zatvrdlé. Překrývá se s normou ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem [20].

Schmidtovy přístroje jsou založeny na principu odrazu beranu tvrdoměru od razníku přiloženého k povrchu konstrukce, kdy část energie dodané beranu pružinou je vstřebána a zbytek určuje velikost odrazu měřitelnou přímo na přístroji nebo ve sběrném zařízení. Takto

získaný ukazatel tvrdosti povrchu ve statisticky dostatečném množství platných měření slouží k určení pevnosti betonu. Měření je ovlivněno zkoumaným materiálem, roli hraje jeho možná vrstevnatost, nehomogenita v podobě dutin nebo blízkost výztuže, vlhkost a jeho stáří. Důležité je zvolené zkušební místo, jeho povrch by měl být zbroušený s patrnou strukturou betonu, zkarbonatovaná vrstva by měla být odstraněna. Nemělo by se nacházet v blízkosti pracovní spáry ani hrany konstrukce a musí na něj být možné umístit potřebný počet měření ve vzdálenostech předepsaných pro jednotlivé typy tvrdoměrů, v závislosti na jejich rázové energii. Samotný přístroj musí být pravidelně ověřovaný, před a po měření by mělo dojít ke kontrolnímu měření na kalibrační kovadlině a zaznamenána poloha tvrdoměru při měřeních. Splnění těchto podmínek je nutné pro získání platných vstupních hodnot pro určení krychelné pevnosti betonu z obecného nebo směrného kalibračního vztahu, modifikovanou součinitelem vlhkosti a stáří materiálu, platný pro beton z hutného kameniva a z cementu s portlandskou bází. Výsledky je možné zpřesnit použitím dalších zkušebních metod po odběru vzorků a použitím upřesněného nebo určujícího kalibračního vztahu. Podrobný postup je uveden v ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných dílcích [18].

Metoda je využitelná u všech ŽB mostů, nemusí to ale platit pro všechny jejich konstrukční části. Je velice vhodná pro rámové konstrukce, diagnostiku úložných prahů a příčníků nebo nosné konstrukce, protože zkušební místa se nemusí nacházet v těsné blízkosti uložení, postačuje stejný betonážní úsek. Toho je možné využít i u většiny kloubů, pokud ovšem nebyl betonován dodatečně. Přímé zkoušení kloubů v místě zeslabení je možné, pokud se podaří tvrdoměr přiložit. Zbroušení povrchu zde není přípustné a beton se nachází v prostorovém napjatostním stavu zvyšujícím jeho pevnost, takže je měření pouze informativní. Je z něj možné usuzovat na stejnoměrnost provedení kloubu, pokud se podaří lokalizovat podpovrchové pruty výztuže. Podložiskové bloky bývají z vysokopevnostních betonů modifikovaných přísadkou mikrosiliky nebo polymerního pojiva, pro zkoušení je nutná jejich dostatečná výška. V tomto případě je možné zvážit úpravu povrchu zkušebního místa, která není pro pevnosti nad 40 MPa nezbytná, a lokalizovat případnou výztuž vhodnou metodou. Většina tvrdoměrů ovšem nad 60 MPa pevnosti zkoušeného materiálu dává zkreslené výsledky. Odběr kontrolních vzorků není vhodný. V obecném případě měření považují opět spíše za informativní, zaměřené na stejnoměrnost dle normy EN 12504-2 [20].

5.2. Ultrazvukové metody

Principem je měření rychlosti průchodu ultrazvukového vlnění vyšetřovaným materiálem v závislosti na jeho hustotě. Zkoumané závislé fyzikálně mechanické vlastnosti jako je dynamický modul pružnosti a pevnost betonu je možné získat z kalibračních vztahů pro konkrétní beton vytvořený pomocí průkazních zkoušek. Při měření musí být zohledněno mnoho ovlivňujících faktorů, zejména vlhkost a teplota betonu, jeho degradace, dále tvar zkoušené konstrukce nebo tělesa, kvalita kontaktu a geometrické uspořádání budiče a přijímače sondy. Měření v blízkosti stejnosměrné výztuže není použitelné, v případě výskytu otevřených trhlin nebo dutin dochází k jejich obcházení signálem a prodloužení doby průchodu. Trhliny sevřené nebo vyplněné vodou neovlivňují dobu průchodu, jejich přítomnost lze usuzovat z útlumu vlnění. Je možné zaznamenávat i odrazy od nehomogenit v konstrukci a určovat jejich polohu. Měření a vyhodnocení se řídí ČSN 73 1371 Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu [21] a ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu [22]. Převodní vztahy a postup pro vyhodnocení pevnosti betonu dle změřených rychlostí impulsu se nachází v ČSN EN 13791.

Ultrazvukové metody jsou v oblasti uložení limitovány zejména obvykle zvýšenou hustotou výztuže a nedostupností protilehlého povrchu, takže nezbyvá než použít pro krátké měřící základny polopřímé nebo nepřímé prozvučování. Pokud jsou přístupné boční povrchy UP, NK či nadpodporového příčnicku (ovlivněno konstrukcí křídel a rozměry říms), je možné toho využít k příčnému přímému prozvučení, mimo oblast vyztužení povrchu nebo jiné příčné výztuže, obvykle v blízkosti středu konstrukční části, zhruba do 15 m šířky mostu. Citlivost měření ovšem klesá se vzrůstající pevností betonu, což by měl být případ oblasti uložení NK. Za předpokladu použití betonu obdobného složení v celém objektu (druh kameniva, cementu) lišící se pevností, se nabízí možnost srovnávacího příčného prozvučení spodní stavby. Ta může být obvykle zatížena větším odběrem kontrolních vzorků, které jsou u této metody nezbytné. Takto důkladný postup ovšem výrazně prodraží diagnostické práce.

Podložiskové bloky bývají hustě křížem vyztužené slabšími profily, v takovém případě nemůže být prozvučení platné. Jiná situace je u ŽB kloubů. Vyšetřovány mohou být zejména u pilířů v oblasti nad i pod kloubem, v příčném i podélném směru a zpravidla přímým měřením. Hustota výztuže může působit potíže, ale při dostatečném počtu měření by mělo být možné určit ta platná pro beton, a zároveň získat představu o vyztužení okolí kloubu. Nepřímé prozvučení přiložením budiče pod a přijímače nad prvek (nebo obráceně) bude vždy zkruseno svislou výztuží, která se v různé hustotě a průměrech nachází ve všech kloubových uloženích. Přímé

měření skrz zúženou oblast kloubu by bylo nejvhodnější z hlediska určení rychlosti průchodu UZ klíčovým místem a zároveň zjištění četnosti svazků výztuže. K tomu je nezbytná dostatečně úzká sonda. Řešením pro větší sondy může být vyplnění spáry kloubu kontaktním materiálem s vysokou rychlostí průchodu a její přikládání k tomuto povrchu. Nutností je odstranitelnost materiálu po ukončení měření. Tento postup je čistě teoretický, bez další kontroly a korekce změřených hodnot může poskytovat maximálně informativní výsledky.

5.3. Radiografické metody

Jsou založeny na prozáření železobetonu pronikavým zářením, které je jím zeslabováno v závislosti na objemové hmotnosti. Různá míra zeslabení se projeví v účinku na vhodné záznamové medium nebo je zjišťována přístrojově. Používá se záření gama nebo rentgenové o výkonu zářiče dle mocnosti zkoumaného prvku, která může být až k jednomu metru. Touto metodou není možné zjišťovat kvalitu ani vlastnosti betonu s výjimkou výskytu větších dutin, ale lze získat velice přesný průběh výztuže a její průměry, a to i ve více vrstvách. V takovém případě je klíčové vhodné umístění zářiče v prostoru, často ve vývrtu uvnitř prvku. Je jedinou metodou umožňující nedestruktivní prověření vyplnění kanálků předpínací výztuže. Násobné prozařování z různých poloh se nazývá stereoskopické a poskytuje nejpresnější podklady pro vyhodnocení. Díky náročnosti, potenciální nebezpečnosti a nákladnosti je radiografie používána jen v opodstatněných případech. Požadavek na diagnostiku konkrétních částí konstrukce zadává statik, jedná se zpravidla o nejnamáhanější nebo jinak významné oblasti. Problematika a postup činností, zejména s ohledem na bezpečnost zodpovědných pracovníků, jsou řešeny v ČSN 73 1376 Radiografie betonových konstrukcí a dílců [23]. Norma byla vydána k 1.1.1978 a s formálními úpravami platí dodnes.

Prozařování je velice vhodné pro vyšetřování vyztužení všech ŽB kloubů. Zářič je možné umístit za kloub do méně přístupné části a záznamové zařízení na opačnou stranu, bez jakéhokoliv zásahu do konstrukce. V případě ložisek samotných se neuplatní, po jejich odstranění při zvednutí nosné konstrukce je možné zjistit vyztužení podložiskových bloků. To je významné zejména u pevných ložisek, která spolu se svými bloky nejsou namáhána pouze tlakem, ale i smykem z horizontálních sil. Za nejvhodnější postup považují provedení šikmého vrtu do UP, začínající v blízkosti středu spodní hrany bločku a vedoucí pod jeho přibližný střed. Díky tomu by bylo možné prozářit celý prvek naráz, při více vrstvách výztuže stereoskopicky s různými hloubkami zasunutí zářiče. Zvolení nejmenšího možného průměru vrtu a jeho bezodkladné zapravení znamená minimální zásah do konstrukce a zcela nepoškozený blok.

5.4. Alternativní metody

Z důvodu mnoha omezení a komplikací u postupů v diagnostice běžně užívaných jsem se zabýval aplikací některých alternativních metod. Jedná se převážně o metody laboratorní, založené na měření jiných fyzikálních jevů a vlastností železobetonu, případně o metody stávající nebo zastaralé, modifikované použitím výkonné a rychlé výpočetní kapacity moderní techniky. Z nich jsem za potenciálně vhodné pro oblast uložení, s výjimkou samotných ložisek, vybral sledování pomocí termovize.

Termovizuální snímání je založeno na bezkontaktním sledování betonového povrchu termovizní kamerou se záznamem. Nutnou podmínkou je změna teplotního gradientu nebo stavu, obvykle lokální ohřev, který odhalí podpovrchové nehomogenity. Jako nejvhodnější se mi jeví ohřev mikrovlnným zářením, který je rychlý, bezkontaktní a účinkující v objemu konstrukce spíše než na povrchu. Je vhodný zejména pro lokalizaci výztuže, od které se vlnění odráží a více prohřívá okolní beton. Omezení jsou dána zejména vzrůstající mocností krycí vrstvy a snižujícím se průměrem výztuže. Limitní hodnoty uváděné v [24] jsou 20 mm pro krytí a 10 mm pro průměr, u výrazně silnějších prutů bude pravděpodobně detekovatelná hloubka uložení vyšší. Metoda se získaným výstupem podobá elektromagnetickému zjišťování výztuže, její použitelnost na reálné konstrukce je ale výrazně limitována. Mohla by být vhodná pro velkoplošné prvky jako stěny či stropy, u mostů křídla a opěry, nejlépe s předchozím snížením krytí odstraněním degradované vrstvy betonu. V ložiskové oblasti v některých obtížně dostupných případech může být výhodou její bezkontaktnost. Za použitelnou ji považuji pro zjišťování rozmístění výztuže prvků založených na Mesnagerovu kloubu, které jsou tvořeny silnějšími zkříženými vložkami s tenkou vrstvou betonu.

V dostupné studii zabývající mikrovlnným ohřevem ŽB jsem nezaznamenal informace ohledně porušení materiálu. Dodaná energie pravděpodobně nepostačuje ani k lokálnímu termickému rozkladu minerálů tmelu, v blízkosti výztuže by však mohlo docházet k pnutí nestejnoměrným ohřevem a následným mikrotrhlinám.

Navzdory snaze vybrat potenciálně nejvhodnější nenormovanou metodu je z výše uvedeného zřejmé, že v tomto případě negativa převažují pozitivita. Nejedná se o obecně doporučitelný postup diagnostiky výztuže.

6. Způsoby uložení

„Uložení mostů musí splňovat předpoklady statického působení nosné konstrukce při zatížení svislými a vodorovnými (podélnými i příčnými) silami a musí umožňovat takové pohyby, aby v konstrukci při objemových změnách nevznikla nepřiměřená namáhání.“ [5] V této kapitole uvádím různá uložení uváděná v dostupné literatuře. Jedná se o popis konstrukce, principu fungování, schéma a některá specifika, která v ní spatřuji. Nezabývám se vzorci ani výpočty pro návrh daných prvků. Hodnoty únosnosti uváděné u typizovaných provedení jsem ponechal v jednotkách používaných v té době, tedy v megapondech. Pro převod na Newtony je nutné přenásobit M_p velikostí tíhového zrychlení g , výsledek je v kN. Uvedená schémata jsou v měřítku 1:20, pokud není uvedeno jinak.

Pokusil jsem se o jejich logické uspořádání v závislosti na předpokládaném stáří, složitosti a příbuznosti jednotlivých typů.

6.1. Klouby

Kloub může vzniknout v oblasti zeslabení průřezu konstrukce. Nutným předpokladem je schopnost přenášet silové zatížení (tlak) a pohyblivost podmíněná trvalou pružností, kterou vzdoruje působícím momentům. Vzrůst excentricity výslednice vyvolává v kloubu deformace, které jej pootočí do nové polohy. V ní výslednice opět prochází oblastí blízkou ose kloubu, v závislosti na jeho tuhosti. Existují různé druhy, vždy se ale jedná o detail velice citlivý na kvalitu provedení. Navzdory tomu se jedná o stavebně poměrně jednoduché konstrukce, což ovšem neplatí pro teoretické výpočty průběhu sil. V této práci se omezím na jejich grafické znázornění, které pro základní pochopení postačuje.

Klouby jsou v mostním stavitelství používány v místech, kde je žádoucí omezit přenos momentů, ať už do spodní stavby, nebo do/ze základů. Na rozdíl od ložisek se jedná o bezúdržbové provedení odpovídající životnosti celého objektu. Zároveň se ale jedná o oblast nevyměnitelnou a takřka nesanovatelnou. Časté je jejich použití v hlavě pilířů, které díky tomu mohou být subtilnější. U šikmých stojek vzpěradlových mostů podpírajících nosnou konstrukci je použití kloubů nezbytné, jelikož tyto stojky jsou díky své štíhlosti schopny přenést pouze centrická tlaková zatížení. Odlišnou variantou je jejich symetrické umístění v patách a případně i vrcholu obloukového mostu, nebo obdobně u dvou- a trojkloubového rámu. V následujícím textu podrobněji rozeberu jednotlivé typy používané pro uložení nosné konstrukce na spodní stavbu - olověný kloub a kloub s tvrdou vložkou, válcové, pérové a vrubové klouby. Ty byly typizovány v závislosti na rozměrech, nebo konstrukčně unifikovány se znalostí maximálního přípustného napětí, a univerzálně osazovány bez nutnosti komplexního posudku. Konstrukce

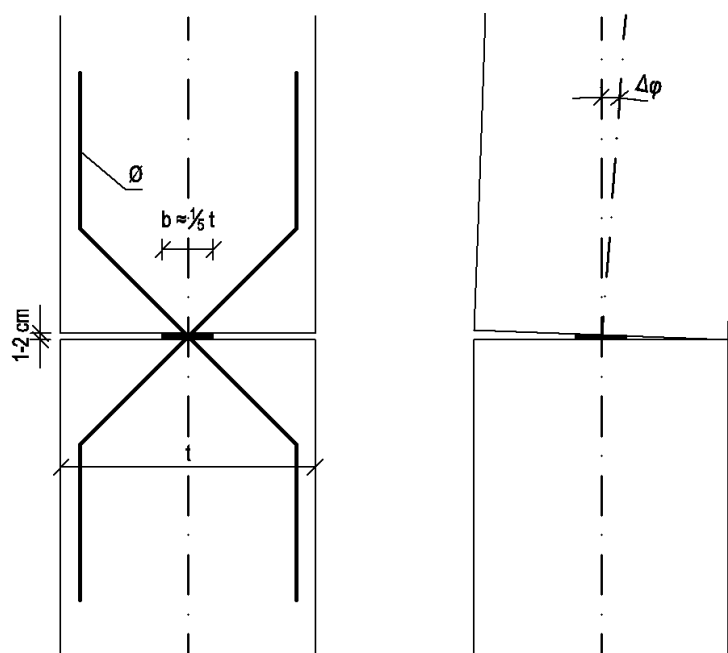
kloubů u výše zmíněných druhů mostů oddělující konstrukci mostu a základů se od předešlých kloubů může značně odlišovat. Jedná se o klouby navrhované pro daný případ a vždy staticky posuzované.

Společné poruchy všech typů kloubových uložení zahrnují důsledky přetížení, které může být silové nebo momentové, nedostatečné kvality materiálů nebo špatného provedení a koroze, zejména ocelových částí. Při silovém přetížení obecně může dojít k rozdrcení kloubového prvku, nebo jeho zatlačení do okolního betonu. To by vedlo k sevření spáry ve větší části nebo v celém průřezu, čímž kloub přestává existovat, a došlo by k výraznému zvětšení přenosu momentů do pilíře. V závislosti na velikosti momentu a působící síly nemusí mít tato závada, kromě poklesu nosné konstrukce v řádu centimetrů, žádný patrný důsledek, nebo může vést až k okamžité destrukci pilíře a celého objektu. Další variantou poddimenzování je usmyknutí vodorovnou silou, ať už působící na mostě či na pilíři, například při dopravní nehodě nebo povodni. Momentové přetížení se projeví přílišným natočením horní části vůči spodní a sevření spáry na jedné straně. Dochází k přenosu tlaku s výraznou excentricitou a tedy nebezpečnému ohýbání pilíře, v lepším případě s důsledkem pouze rozdrcení betonu v okolí plochy sevření a odhalení výztuže. V oblasti kloubů je zpravidla požadována zvýšená kvalita betonu, jejíž nedostatek se projeví přílišnými deformacemi a poddajností spáry. Výztuž je zhušťována k zachycení příčných tahů, trny procházející kloubem a nechráněné betonem by měly být opatřeny protikorozní ochranou, nebo být z nerezové oceli.

6.1.1. Olověný kloub

Byl používán před rozšířením železobetonových kloubů. Vzniká vložením olověné desky tloušťky 1 až 2 cm o rozměrech přibližně 1/3 délky a 1/2 šířky průřezu pilíře. Umístěna je centricky. Materiál desky může být čisté olovo nebo olovo s příměsí do 5% antimonu, které má cca o čtvrtinu vyšší mez stlačitelnosti. Ta určuje citlivost kloubu vůči excentricitě působící tlakové síly pomocí nesymetrického stlačování desky. Rozsah je dán její tloušťkou, respektive sevřením spáry jí tvořené. Takovýto kloub je schopen se deformovat ve směru podélném i příčném. Nízké tření na styku povrchů betonu a olova činí tento prvek snadno poškoditelným vodorovnými silami, z tohoto důvodu byly otvory v desce provlékány přímé nebo zkřížené pruty výztuže.

Specifika: Olovo je odolné vůči působení prostředí, s ocelí elektrochemicky nereaktivní, špatný vodič. Výztuž jdoucí skrz desku však není chráněna.

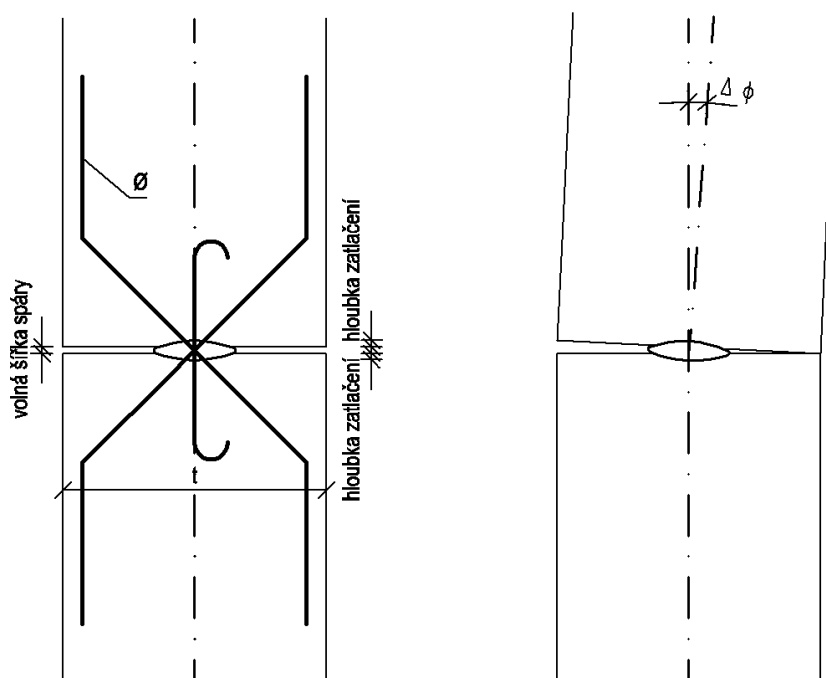


Obr. 1 Schéma olověného kloubu [9]

6.1.2. Kloub s tvrdou vložkou

Je podobný kloubu olověnému, místo poddajné desky je však vkládána nepoddajná vložka čtveřitého tvaru. Tvar čtveřky je vymezen válcovými nebo, v případě potřeby všesměrného natáčení, kulovými plochami. Materiálem je ocel, porcelán, nebo velmi hodnotný beton, s výrazně nižší poddajností než je beton pilíře. Při zatížení je toto tvrdé těleso částečně zatlačeno do betonových povrchů konstrukce. Funkčnost kloubu umožňuje nesymetrické zatlačování, omezení této deformace je dáno sevřením spáry. Vzhledem k nízké rychlosti procesu je zřejmé, že kloub eliminuje momenty od stálého zatížení, nahodilé jsou přeneseny do spodní stavby. Zatlačení tělesa umožňuje přenos vodorovných sil větších než u předchozího řešení, přesto by i zde měly být vedeny pruty výztuže skrz centrické otvory v čtveřce.

Specifika: V závislosti na materiálu čtveřky, ocelová je vodivá a měla by být ochráněna proti korozi, porcelánová nebo betonová izoluje. V případě použití okolního betonu běžné třídy pevnosti hrozí zatlačení čtveřky a sevření spáry. Výztuž není chráněna.

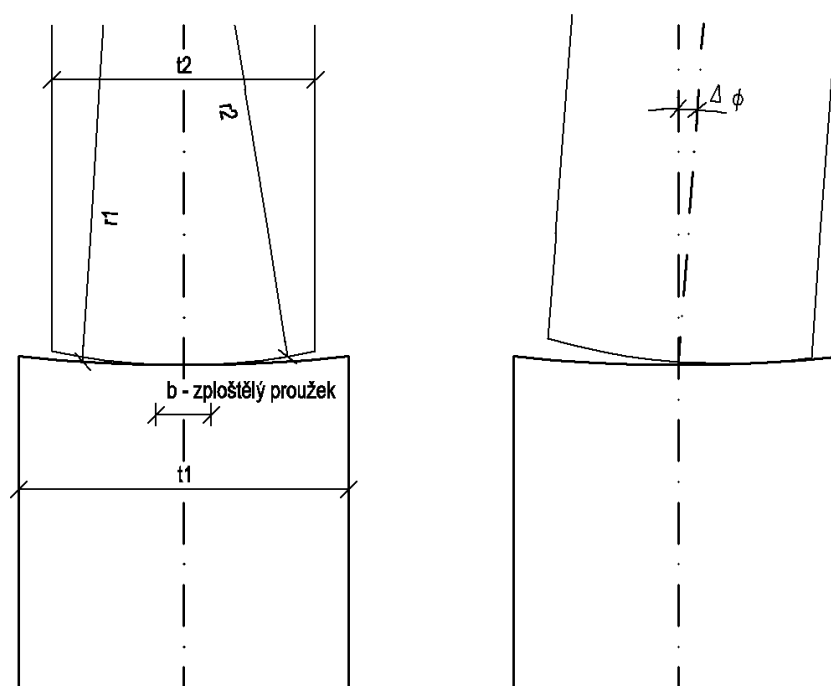


Obr. 2 Schéma kloubu s tvrdou vložkou [9]

6.1.3. Válcový kloub

Válcový kloub vzniká na koncích dílů ŽB konstrukce tvořených válcovými plochami. Spodní plocha je vydutá, horní vypuklá o menším poloměru. Jestliže tlak nepůsobí v rovině určené osami válců, nachází se soustava v nestabilní poloze a dojde k valení do nové polohy. V závislosti na velikosti valivého odporu nyní výslednice sil prochází rovinou blízkou normálové rovině obou válců. Ohybové momenty jsou v případě nízkého valivého odporu vyloučeny. Z tohoto důvodu byl vkládán měkký olověný plech tloušťky 1 mm, do kterého se zatlačily povrchové nerovnosti. Teoreticky je styk dvou válcových ploch různých poloměrů přímkový, dochází však k deformování materiálu a přenosu sil ve zploštělém proužku. Se vzrůstající šířkou proužku vzrůstá valivý odpor a snižuje se citlivost kloubu, proto byly pro zachování funkčnosti používány betony nejvyšších pevností. Oba konce musejí být z důvodu velkých příčných tahů hustě vyztuženy, buď rozdělovací výztuží, nebo šroubovicemi.

Specifika: Nepřesnost betonáže válcových ploch může vést k nepředvídatelnému chování prvku, použitelný rozsah poměru poloměrů je úzký. Vzrůstá se zvyšující se kvalitou betonů. Kloubem neprochází svislá nebo zkřížená výztuž, mocnost betonu o tloušťce dvou vrstev krytí zajišťuje poměrně velký elektrický odpor. Horším shledávám odvodnění, kdy vydutá spodní plocha může sloužit jako miska s trvale zvýšenou vlhkostí, urychlující degradaci betonu.



Obr. 3 Schéma válcového kloubu [10]

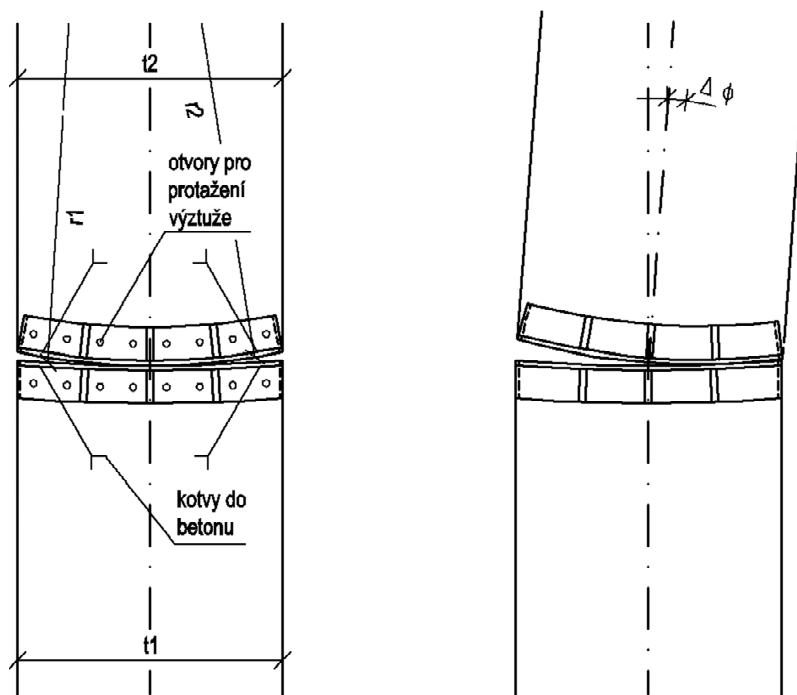
6.1.4. Válcový kloub armovaný

Potíže uváděné u válcového kloubu vedly ke zlepšení zejména proveditelnosti tohoto typu použitím pancéřování povrchů válcových ploch. Jsou tvořeny nerezovými ocelovými plechy vyztuženými úhelníky, skrz které je otvory protažena výztuž. Kloub tedy zároveň slouží jako ztracené bednění. Výhodou této úpravy je vysoká přesnost provedení a nízký valivý odpor na styku dvou ocelových povrchů. Zároveň vzrůstá dovolené napětí v tlaku na více než dvojnásobek únosnosti betonového válcového kloubu.

Pro ještě vyšší zatížení tlakem byly používány profily z ocelolitiny, v této variantě není spodní povrch vydutý, ale rovinný.

Z dostupné literatury usuzuji, že se armovaná varianta válcového kloubu přestala v šedesátých letech používat. V publikaci z roku 1958 je tato podrobně popsána a rozkreslena, o deset let později ji ten samý autor zmínil jednou větou, přičemž rozsah betonových válcových kloubů zůstal zhruba zachován. Ač působí tato varianta jako výhodnější, pravděpodobně se od ní upustilo. Důvod(y) se mi zjistit nepodařilo.

Specifika: Konstrukce je vodivá, na ocelovém povrchu může případně kondenzovat vzdušná vlhkost a vodivost styku ještě zvýšit. V závislosti na třídě ohrožení bludnými proudy může usplšit korozi výztuže a závěrů. Velkou výhodou oproti ostatním kloubům spatřuji z hlediska údržby v neprovázanosti spodní stavby s nosnou konstrukcí. To umožňuje její nadzdvihnutí, například při nutnosti výměny ložisek na opěrách. Ze stejného důvodu může ovšem vznikat v kloubu mimostředný tlak, proto je není možné použít u staticky neurčité konstrukce.

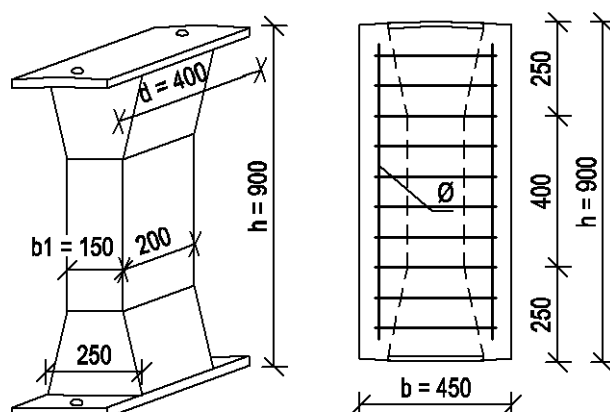


Obr. 4 Schéma armovaného válcového kloubu 1:25 [9]

6.1.5. Kyvný blok

Zjednodušeně by šel popsat jako oboustranně armovaný válcový kloub, z jehož konstrukce vychází. Není pevně spojen se spodní stavbou ani nosnou konstrukcí a používal se místo ocelových válcových ložisek. Díky tomu byl označován také jako betonové válcové ložisko. Z důvodu úspory místa a materiálu se nejedná o válec celý, ale okosený, nebo na něj lze nahlížet jako na hranol s dvěma protilehlými válcovými plochami. Konstrukčně jde o svařenec tvořený ocelovými prolamovanými deskami tvořícími čtverhranný uzavřený profil, který je shora a zdola opatřen přesahujícími válcovými plochami. Ten je obetonován betonem vysoké pevnosti s hustě kladenou příčnou výztuží. Je vložen mezi ocelové desky kotvené do konstrukce, pro přenos vodorovných sil opatřených trny. Jedná se o poměrně rozměrné a masivní konstrukce poplatné svému předchůdci, nejmenší má výšku 90 cm. Byla typizována čtyři provedení pro tlaky od 50 do 150 MP.

Specifika: Obdobné jako u předchozího typu.



tlak	h	b	d	b1	t
[MP]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
50	90	45	40	15	2,5
75	100	50	50	20	3,5
100	100	50	60	25	4
150	120	60	75	25	4,5

Obr. 5 Schéma kyvného bloku a jeho typizace [10]

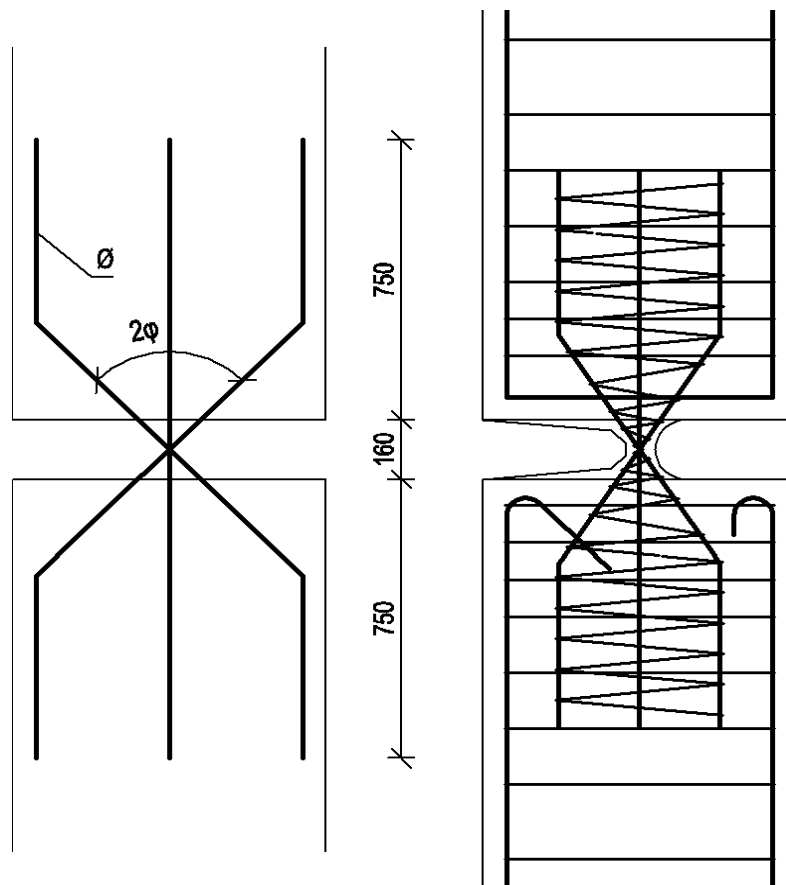
6.1.6. Pérový kloub (Mesnagerův)

"Pérový kloub je založen na myšlence spojení dvou tuhých desek zkříženými pruty, které samy jsou schopny přenést příslušný tlak. Ocelové pruty, zkřížené pod úhlem nejvýše 45° , se svazují do dvojic a kladou vedle sebe tak, aby průsečíky zkřížených prutů byly v jedné přímce a aby pruty párů vytvořily dvě roviny." [10] Může být vkládána i třetí řada prutů v rovině osy kloubu, zpravidla tedy svislá. Soustava je v rovnováze, pokud výslednice sil prochází křížením prutů. V opačném případě vyvozuje výslednice moment, který pootočí kloub do rovnovážné polohy. Kotevní oblast prutů je z důvodu vyvozování příčných napětí v betonu hustě ovinuta ocelovými spirálami, podélná výztuž je zatažena až ke kloubu a sevřena zhuštěnou příčnou výztuží. Uváděná doporučená šířka spáry je cca 10 průměrů použité výztuže. Pruty jsou po odskrutžení a zatížení kloubu obetonovány, mocnost ochranné vrstvy však zároveň snižuje jeho citlivost. Proto byla volena co nejtenčí.

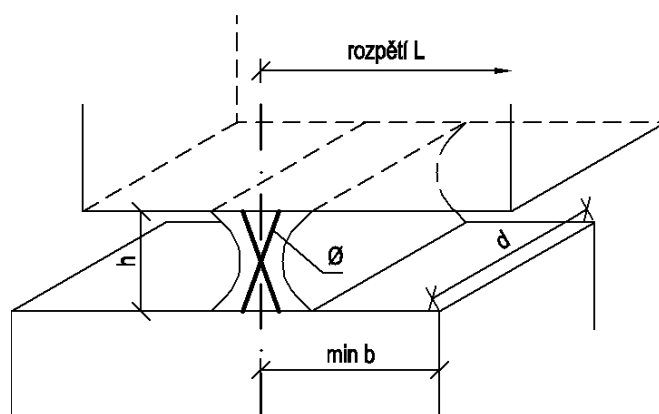
Tyto klouby umožňují největší pootočení, udávaná mezní hodnota je 0,026, ovšem pouze v jednom směru. Byly navrhovány i pérové klouby schopné natáčení ve dvou na sebe kolmých směrech, které nejsou tvořeny řadou zkřížených prutů, ale prostorovým svazkem.

Pro silniční mosty byly pérové klouby typizovány, rozkreslení je připojeno níže. Díky své schopnosti přenášet i vodorovné síly jsou tyto klouby používány k uložení NK rozpěrakových mostů, u kloubových rámců a podobně. V současnosti se neprojektují.

Specifika: Koroze zkřížených prutů z důvodu nedostatečné ochrany příliš tenkou nebo degradovanou vrstvou obetonování. Pravděpodobně nižší životnost oproti jiným kloubům, blízká spíše životnosti ocelových ložisek. Za nejvhodnější postup určení parametrů neznámého pérového kloubu považuji spojení diagnostiky se sanací, tedy kompletní odstranění krycí betonové vrstvy spojené s otryskáním výztuže. Tento zásah by teoreticky i bez předchozího zajištění neměl mít žádný vliv na únosnost nebo provoz na mostě. Zjištění rozmístění prutů výztuže a jejich průměry po případném korozním úbytku je pak jednoduchou záležitostí. Stejně jako následná aplikace ochranných prostředků a nové obetonování. Z tohoto hlediska se jedná o výjimku mezi kloubovými uloženími, přesto se nejedná o opravu spojenou s obnovením původních parametrů, pouze prodloužení životnosti.



Obr. 6 Schéma Mesnagerova kloubu [9]



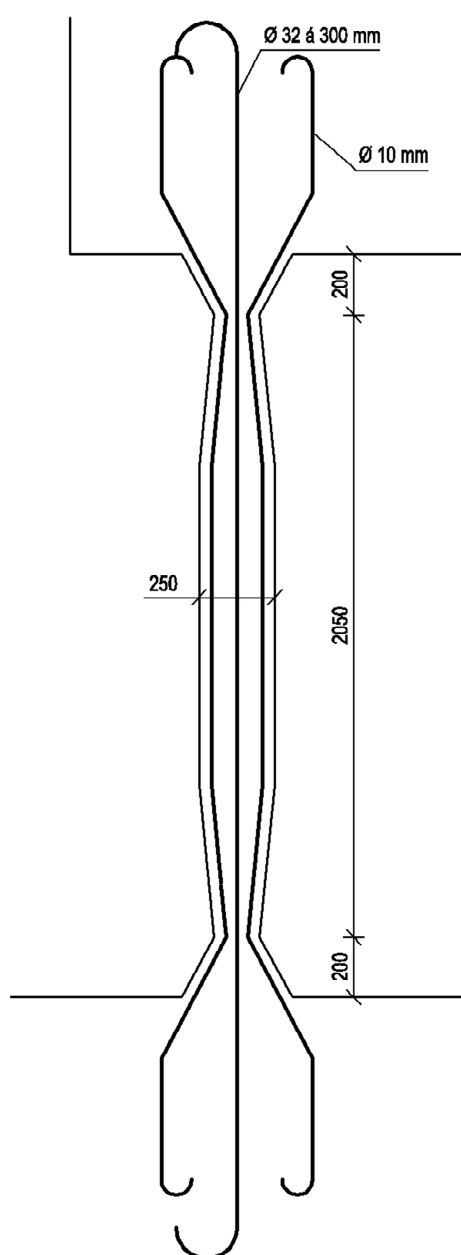
tlak	h	b	d	Ø	výztuž
[MP]	[cm]	[cm]	[cm]	[mm]	[kg]
50	24	45	40	28	110
75	28	45	50	35	170
100	32	45	60	35	220
150	36	45	75	40	390

Obr. 7 Typizace pérových kloubů [10]

6.1.7. Kyvná stěna

Jedná se o tenkou stěnu, opatřenou na horním a dolním konci pérovými klouby. Ty musí být oproti jednotlivému Mesnagerovu kloubu opatřeny svislým prutem co největšího průměru, který prochází celou výškou stěny a je kotven do spodní stavby i nosné konstrukce. Příčnou výztuž tvoří hustá šroubovice. Díky natáčení konstrukce ve dvou úrovních funguje stěna obdobně jako pohyblivé ložisko, její konstrukční výška ovšem dosahuje až dvou metrů. Používala se u deskových nebo trámových mostů středních rozpětí.

Specifika: Vysoká tenká konstrukce s velkým množstvím výztuže musela být obtížně hutnitelná, se sklonem k vytváření hnízd a kaveren, případně segregování největších zrn použitého kameniva v dolní části.



Obr. 8 Schéma kyvné stěny 1:25 [9]

6.1.8. Vrubové klouby (Freyssinetovy)

Na rozdíl od předchozího typu, kde tlak přenáší výhradně ocelové pruty, u vrubových kloubů je médiem tenká spojovací betonová vrstvička v oslabeném průřezu. Vznikne vedením zářezů od povrchů konstrukce až do přibližně jedné třetiny její tloušťky. Principem umožňujícím jejich funkci je vzrůst pevnosti vrstvy betonu sevřeného mezi dvě tlačící plochy, v nepřímé úměře k její klesající štíhlosti. Dalším pozitivním faktorem je zešíkmení siločar od krajů neztenčeného průřezu do oblasti kloubu, jejichž vodorovná složka nad kloubem a v něm směřují do jeho středu, výslednice je ale blízká nule a kloub neusmykne. Pod kloubem ty samé vodorovné síly působí od středu k povrchům a hrozí roztrháním konstrukce tahem. Změna průběhu sil vyvoluje příčné tahy nad i pod kloubem, proto musí být tyto oblasti hustě vyztuženy. Pevnost spojovací vrstvy dosahuje dle různých zdrojů 2-2,5 násobku krychelné pevnosti stejného betonu, a zároveň se mění některé jeho vlastnosti. Modul pružnosti výrazně klesá, beton se stává stlačitelným a poměrně pružným. Tím umožňuje natačení kloubu nestejným stlačováním svislých průřezů v závislosti na výstřednosti působící tlakové síly. To vede ke korekci jejího směru působení, snížení excentricity až k nule a vyloučení momentů. Klouby jsou doplněny zkříženými pruty výztuže obdobného uspořádání jako klouby pérové, tyto se však prakticky neuplatní, dokud nehrozí překonání tření ve vrstvičce vodorovnými složkami výslednice. Jsou známa dvě různá provedení, lišící se tloušťkou spáry a některými aspekty, rozebrány jsou samostatně níže.

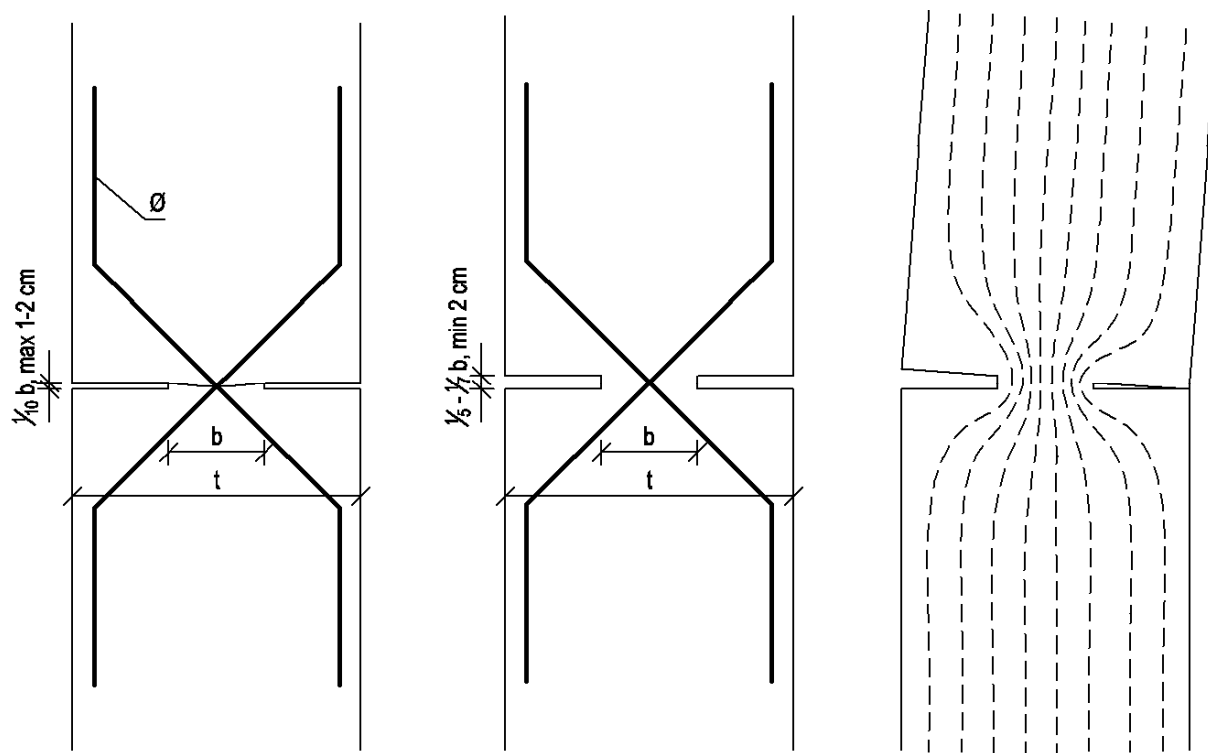
Kloub s úzkým vrubem

Šířka spáry je volena 1-2 cm. Tato tloušťka neumožňuje uskutečnit pootočení bez přetržení materiálu. Trhlina má v závislosti na napjatosti vrstvičky tvar válcové plochy, čímž se podobá válcovým kloubům. Dotyk zde ovšem není ve zploštělém proužku, ale v celé ploše. Freyssinet ji nazval plochou ekonomickou. Kloub neumožňuje výrazná pootočení, hrozí sevření spáry.

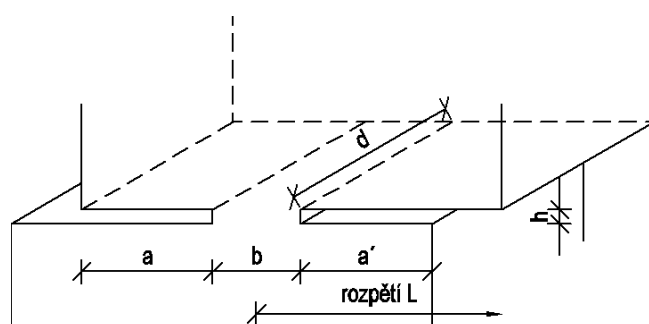
Kloub se širokým vrubem

Zde je šířka spáry rovna pětině až sedmině šířky vrstvičky, nejméně 2 cm. Průběh sil rozšiřuje oblast deformovaného betonu ještě přibližně o dvě tloušťky vrstvičky do okolní konstrukce, dohromady je tedy zhruba pětinasobná oproti šířce spáry. To umožňuje její ohýbání a tedy pootočení částí, které kloub spojuje. V tabulce níže jsou typizované vrubové klouby pro silniční mosty, byly však navrhovány i pro násobně větší tlaky 500 - 1000 Mp.

Specifika: Pravděpodobně bezporuchové. Součástí VL jsou s upravenou výztuží dodnes.



Obr. 9 Schéma vrubových kloubů a jejich působení [10]



tlak [MP]	h [cm]	b [cm]	d [cm]	a [cm]	výztuž [kg]
50	2	11	40	15	20
75	2	12,5	50	20	25
100	2	14,5	60	20	35
150	2	15	75	25	45

Obr. 10 Typizace vrubových kloubů [10]

6.2. Ložiska

Přenášejí svislá a vodorovná zatížení působící na nosné konstrukci do spodní stavby. Dle typu umožňují pootočení a posuny vynucené průhybem nebo změnou délky mostu, ať už od dopravy, smršťování nebo teploty a dalších vlivů. Základním dělením je rozdělení dle statické funkce na pevná a pohyblivá. Pevná umožňují pouze pootočení konstrukce, most je jimi ukotven a v dané oblasti dilatuje jen minimálně. Z toho důvodu by měla být pevná ložiska doplněna ložisky pohyblivými, umožňujícími pootočení a posun v rozsahu dle typu a provedení ložiska. Možným směrem volnosti je příčně nebo podélně orientovaná přímka, u šikmých mostů rovnoběžná s osou uložení, a volnost v rovině uložení. Pohyblivá lze dělit podle mechanismu umožňujícímu pohyb na kluzná, kyvná, válcová a pružně poddajná. V obvyklém uspořádání jsou u mostů s podélným sklonem pevná ložiska níže položená než pohyblivá, u jednosměrně pojížděného mostu je vhodné uspořádání od pohyblivých k pevným. Dřívější častá úprava spočívala v osazení ložisek ve sklonu mostu a nikoliv vodorovném, díky čemuž tato vyvozovala příznivé šikmé síly působící proti zemině za opěrou. To vedlo ovšem k většímu opotřebování ložisek a zároveň výrazně ztěžovalo jejich výměnu. V současnosti je vyžadováno jejich vodorovné uložení s tolerancí sklonu do 0,5%. [1]

Obecně lze říci, že složitost použitých ložisek narůstá spolu s rozpětím a šířkou konstrukce. U velmi širokých nebo šikmých mostů se používají ložiska speciální, umožňující všesměrné pohyby a někdy i kotvená. V případě půdorysně zakřivených mostů je kladen důraz zejména na jejich rozmístění a nasměrování tak, aby minimalizovala krouťící momenty a nesymetrická přetvoření daná obloukem NK. Optimální počet ložisek na jedno pole rozpětí je tři nebo čtyři, která musí být schopna přenést celé zatížení. To zvyšuje jejich propracovanost, ztěžuje uložení a zvyšuje cenu, díky čemuž byl někdy počet ložisek navyšován při použití méně únosných typů. V takovém případě je ovšem obtížně zajistitelné jejich rovnoměrné využití, některá mohou být přetížena a jiná nevyužitá nebo dokonce nadzdvihnutá a nefunkční. Výskyt ložisek lze u diagnostikovaného mostu předpokládat od rozpětí cca 12 m, kdy se používala jednodušší kluzná a kyvná, zhruba od 20 m byla preferována válcová nebo speciální. Pro menší rozpětí se uplatňovaly mosty integrované nebo polointegrované.

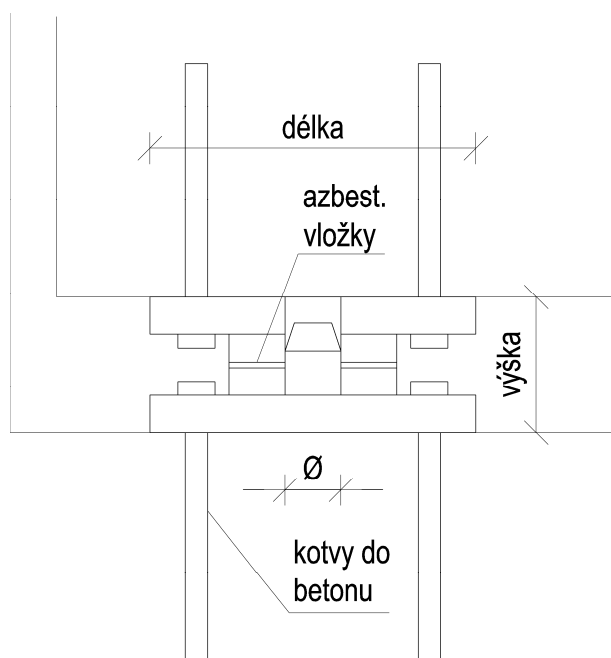
Ložiska přenášejí do spodní stavby velké a soustředěné síly. Proto musí být umístěna na úložný práh (UP). Jedná se o hustě vyztuženou oblast o tloušťce 0,5 až 2,5 m po celé šířce a délce podpěry, která roznášecími kužely transformuje soustředěné tlakové zatížení na rovnoměrné do oblastí řidčeji vyztužených. Staticky na něj lze pohlížet jako na pružně uložený nosník konečné délky zatížený bodovými silami. Přímo pod ložisky by měl být vyztužen několika

vrstvami sítí, aby nedošlo k porušení příčnými tahy. U větších tlaků byly pod ložiska přidávány svislé pruty ovinuté výztuží tvaru šroubovice. Samotná ložiska byla kvůli vodorovným silám zapuštěna několik centimetrů do úložného prahu, což i snižovalo potřebnou konstrukční výšku. Nevýhodou toho je ovšem jejich horší dostupnost, která je nutná pro prohlídky, údržbu a v neposlední řadě i výměnu, jelikož životnost ložisek je řádově nižší než životnost mostu. Postupně se s rozvojem nových materiálů prosadilo používání podložiskových bloků, což jsou hustě vyztužené prvky z vysokopevnostních materiálů vystupující z UP, které chrání ložiska před zatečením vody, zvyšují konstrukční výšku a umožňují osazení zvedacích zařízení. Díky tomu je u dobře navrženého mostu možné nadzdvihnout nosnou konstrukci a provést výměnu opotřebovaných ložisek.

Diagnostika ložiskové oblasti byla rozebrána u jednotlivých metod v páté kapitole, nyní se tedy budu věnovat pouze samotným ložiskům. Důležité je určení jejich geometrické polohy a správnost osazení dle statického schématu při znalosti působících podmínek, nejdůležitější z nich je teplota NK. Nevhodnost použitých ložisek může vést k jejich přetížení. U silového se jedná o boulení svislých plechů, roztržení válců apod. spojené s poklesem NK. Nedostatečná volnost pohybu vede k vytržení ložiska nebo jeho zablokování za krajní polohou. U výrazně šikmých či obloukových mostů by měla být ložiska vždy kotvená, protože při nerovnoměrném zatížení může dojít k nadzdvihávání částí konstrukce. Sleduje se také přítomnost vody. S tou souvisí nejčastější porucha nosných ocelových částí, kterou je jednoznačně koroze, často urychlená dlouhodobě působící vlhkostí. Méně nebezpečnou je její povrchová varianta, kdy dochází k menšímu a pomalejšímu oslabení profilů, ale také snižování citlivosti u pohyblivých ložisek. Při dlouhodobém zanedbání může vzrůstající odpor vést až k jeho znehybnění s následnou destrukcí nebo utržením (může se projevit i na opačné straně mostu, u jinak funkčního pevného ložiska). Hlubkové koroze výrazněji snižují únosnost. Určení druhu koroze a míru úbytku není in situ při osazení v konstrukci kromě krajních případů zodpovědně proveditelné.

6.2.1. Desková ložiska

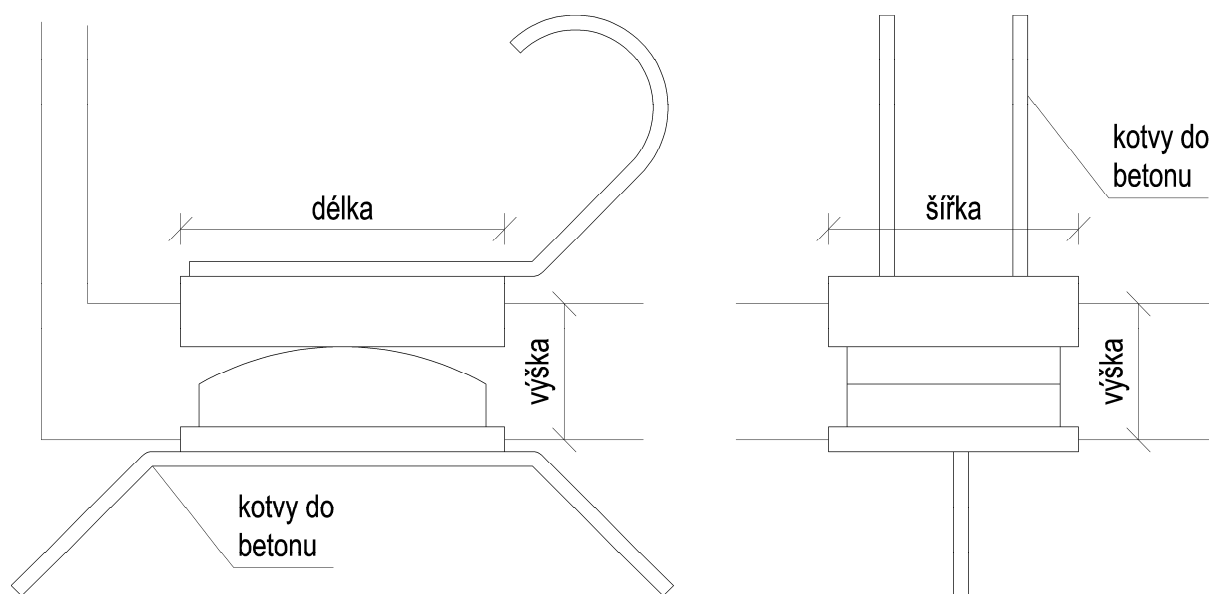
Vyráběla se z lité nebo válcované oceli ve variantě pevná nebo posuvná. Skládá se ze dvou samostatných částí tvořených silnými plechy (přibližně 40 - 100 mm) s přivařenými kotvami. Dolní díl se nazývá úložná deska nebo stolice a horní nadložní deska. Ty jsou zabetonovány do úložného prahu a nosné konstrukce. Desky mohou být tvořeny i dvěma k sobě přiloženými, tenčími plechy, po obvodě svařenými. Pro dodatečné osazení ložiska mohly být do opěry zabetonovány ocelové trubky s průměrem větším než průměr kotevních trnů, vyplňovaly se cementovou maltou. Mezi nadložní deskou a beton NK a mezi desky ložiska byly vkládány tenké azbestové pásy, které umožňovaly drobná pootočení a snižovaly tření v ložisku. Stolice může být zepředu zhruba do jedné třetiny délky zkosená. U nepohyblivého provedení se do připravených otvorů vkládaly kruhové ocelové roubíky. Používala se pro menší rozpětí.



Obr. 11 Schéma deskového ložiska [10]

6.2.2. Tangenciální ložiska

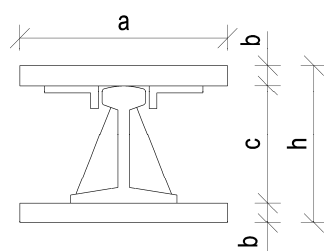
Neboli přímková jsou konstrukčně velice podobná deskovým, horní povrch úložné desky je však tvořen vypuklou válcovou plochou. Obvykle byl tvarovaný plech přivařen na místě k již zabetonované stolici. Menší plocha dotyku snižuje tření a umožňuje pootočení konstrukce. Vložním trnů do vyvrtaných otvorů bylo možné získat ložisko pevné. Používala se pro střední rozpětí s omezením 20 m u silničních mostů. V zahraničí se používala i pro větší rozpětí, zlepšení vlastností se dosahovalo bronzovou vložkou se samomazným povrchem.



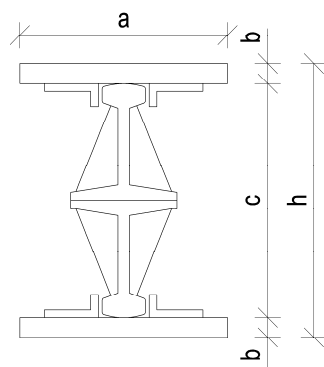
Obr. 12 Schéma tangenciálního ložiska [10]

6.2.3. Kolejnicová ložiska

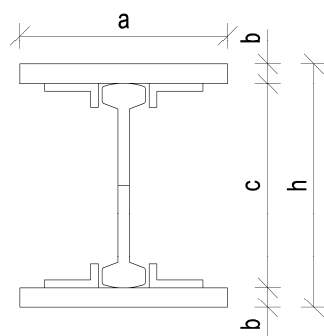
Jak název napovídá, jsou tvořena jednou či více kolejnicemi. Také byla označována jako ložiska Hurychova. Typizována byla tři různá provedení ve variantách pro maximální tlak 50 - 100 Mp. Nejjednodušším případem je zabetonování patky kolejnice opatřené kotevními trny do úložného prahu, které bylo možné použít pro zatížení do 30 Mp. Pro větší tlaky byla kolejnice přivařena na roznášecí desku kotvenou do UP, se stojinou opatřenou výztuhami. Zaoblená hlava kolejnice umožňovala pootočení stejně jako u tangenciálních ložisek. Posun mohl být omezen nebo znemožněn zábranami na nadložní desce, mezi které byla hlava kolejnice vložena. Ložiska zhotovená ze dvou kolejnic jsou vždy pohyblivá, používala se buď tzv. vysoká, nebo nízká. Vysoká byla tvořena dvěma celými kolejnicemi, přivařenými k sobě patkami, vyztužena příčnými plechy a vložena mezi zábrany na podložní i nadložní desce. Nízká byla stejné konstrukce, ale kolejnice nebyly použity celé, přivařeny k sobě byly stojiny po odříznutí patek. Díky své konstrukci fungovala jako kyvná stojka. Odpor proti posunu a pootočení je značně větší než u válečkových ložisek, rozsah není velký.



tlak	a	h	d	b	c
[MP]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
50	200	210	350	35	140
75	250	230	400	45	140
100	300	250	450	55	140



tlak	a	h	d	b	c
[MP]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
50	200	350	350	35	280
75	250	370	400	45	280
100	300	390	450	55	280

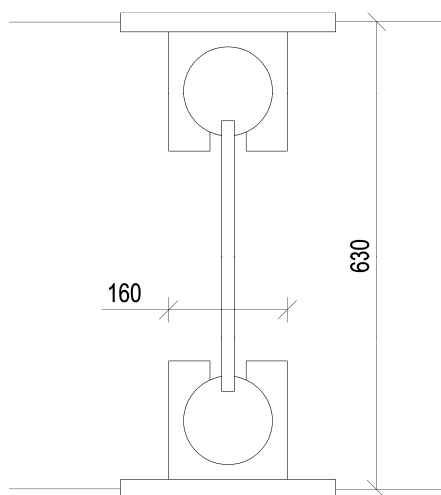


tlak	a	h	d	b	c
[MP]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
50	200	230	350	35	160
75	250	250	400	45	160
100	300	270	450	55	160

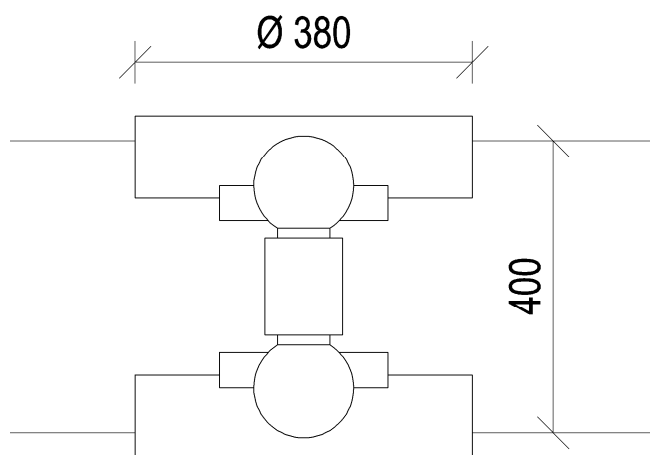
Obr. 13 Typizace kolejnicových ložisek [10]

6.2.4. Kotvená ložiska

Díky své konstrukci jsou schopna přenášet i tahové zatížení. Principem je osazení otáčivého segmentu do polouzavřené kapsy, ze které po přivaření zářezek již nelze vyjmout. Používala se buď válcová s možností otáčení v jednom směru, schopná přenést tah 30 Mp a tlak 57 Mp, nebo všesměrná kulová pro zatížení tahem 16 Mp a tlakem 100 Mp. Vznikla úpravou pevných vahadlových ložisek.



Obr. 14 Kotvené ložisko válcové 1:10 [10]



Obr. 15 Kotvené ložisko kulové 1:10 [10]

6.2.5. Vahadlova ložiska pevná

Do této skupiny patří více typů ložisek s různým provedením styku stolice a nadložní desky, která se v tomto případě díky své funkci označuje jako vahadlo. Společným rysem je pro ně možnost pootočení při znemožnění posunů konstrukce. Rozlišovala se vahadlová ložiska čepová, poločepová, s kulovým čepem a bodová. V některých publikacích jsou k nim řazena i ložiska tangenciální, jež jsou konstrukčně velice blízká. Liší se tvarem nadložní desky, která je v jejich případě rovinná. U vahadlových ložisek je vhodným způsobem tvarovaná. To znemožňuje pokluz, což vnímám jako rozdíl oproti dodatečnému znemožnění posunu roubíky nebo trny, a proto jsem tangenciální ložiska zařadil zvlášť.

Poločepová ložiska mají vyhloubení vahadla většího poloměru než je poloměr čepu, dotyk je tedy teoreticky přímkový, prakticky v úzkém zploštělém proužku. Funkčnost závisí na poměru poloměrů a Brinellově tvrdosti styčných povrchů.

Čepová tvoří vypuklý náletek nebo čep vložený do kapsy stejného poloměru, díky čemuž je zatížení přenášeno větší plochou. Poloměr čepu byl volen v závislosti na potřebné únosnosti ložiska a jeho délce, nejméně pak 40 mm.

Vahadlo s kulovým čepem se používalo u šikmých nebo širokých mostů, protože umožňuje natočení ve všech směrech. Toho je dosaženo vložením kulového čepu do vahadla s vyhloubením v kulové ploše o stejném poloměru.

Bodová ložiska jsou tvořena stolicí s kulovým čepem a vahadlem rovinným nebo vydutým o větším poloměru. Přenos zatížení probíhá jen v malé kruhové oblasti zploštění kulového povrchu. Prokluz konstrukce zde není nemožný, díky malé styčné ploše a soustředěnému tlaku je ale nutné překonat velmi vysoké tření. Proto lze ložisko pro běžné situace považovat za pevné.

6.2.6. Vahadlová ložiska pohyblivá

Umožňují změny délky nosné konstrukce vlastním natočením nebo valením. Používalo se mnoho různých typů, často vzájemně velice podobných. Hlavní skupiny jsou ložiska válečková, kladková, kyvná a kulová.

Kyvná jsou tvořena jedním nebo dvěma kyvnými články, které svým natáčením umožňují posuny nosné konstrukce. Rozdělovala se podle výšky a počtu článků, umožňují dilataci až 40 mm. Jednoduchá byla používána pro tlaky v rozsahu 200 - 400 Mp, ložiska se dvěma stojkami pro rozsah 350 - 600 Mp.

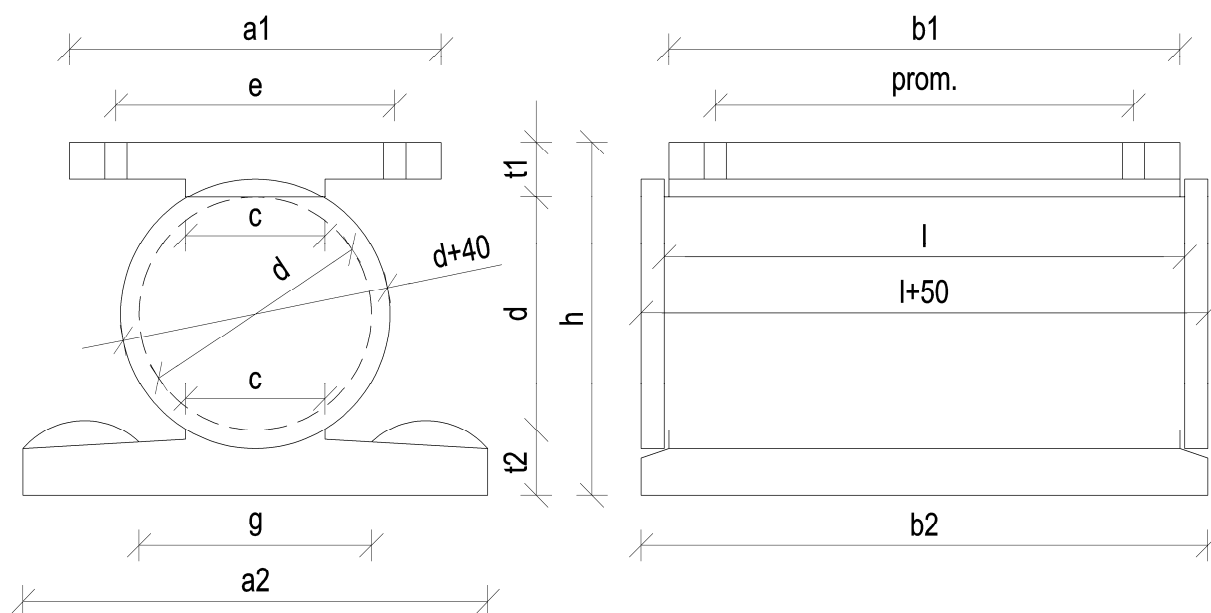
Kladková jsou kombinací čepového pevného ložiska a kyvné stojky, kdy střed čepu je zároveň středem zaoblení spodní válcové plochy stojky. Byla používána spíše výjimečně, uváděná maximální únosnost činí 150 Mp.

Válečková jsou tvořena jedním, dvěma nebo vzácně více válečky. Pro dva a více válečků je konstrukce ložiska rozšířena o valnici umožňující natočení, která se vkládá mezi válce a vahadlo. Průměr válečků byl volen v závislosti na rozpětí v rozsahu zhruba 12 - 30 cm. Materiál byla nejčastěji kovaná ocel, ale větší průměry se z důvodu úspory prováděly i jako obrněná válcová ložiska, zvaná též Burkhardtova. Ta jsou tvořena obalem z bezešvé ocelové trouby vyplněným vysokohodnotovým betonem. Pro zvýšení únosnosti v soustředěném tlaku a zmenšení potřebných průměrů se používaly válečky ze šlechtěné oceli, válce z lité oceli s pláštěm z oceli šlechtěné a různá tepelná zpracování, zvyšující tvrdost povrchu. Ložiska z vysokopevnostní oceli byla do 70-tých let užívána v opodstatněných případech u mostů s největšími rozpětími na povolení ministerstva dopravy. Proto se v této době prosadila úspornější ložiska Corroweld s navařenou vrstvou korozivzdorného kovu o vysoké Brinellově pevnosti v oblasti dotyku. Nejčastěji používaná normalizovaná válečková ložiska uvádím pro jejich rozsah a význam v samostatné kapitole níže.

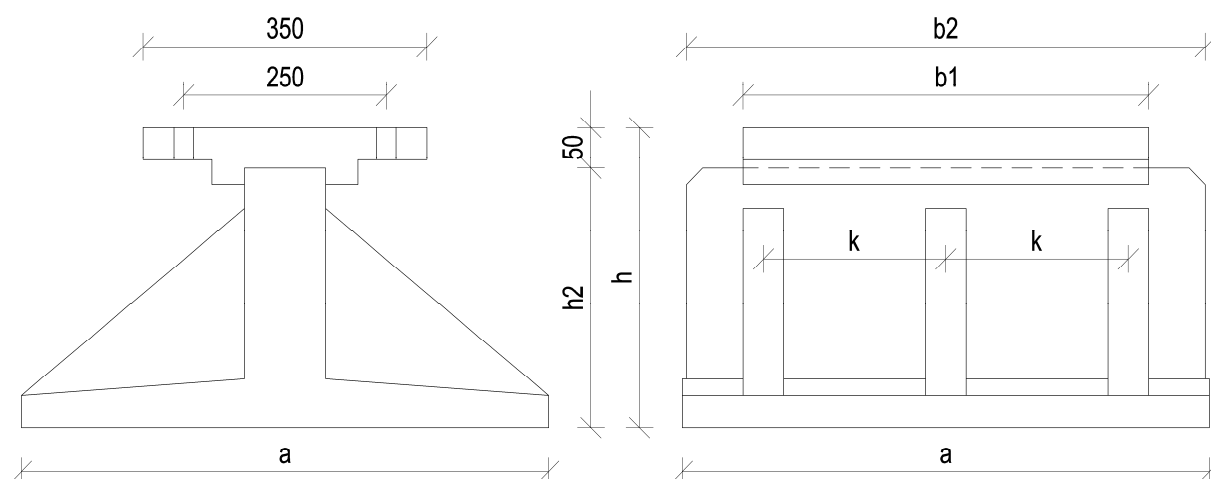
U kulových ložisek jsou válečky nahrazeny koulemi. Jsou tedy pohyblivá ve všech směrech, pro větší únosnost bylo ovšem potřeba velké množství koulí, minimálně se používaly tři. To vedlo k velkým plošným rozměrům ložiska. Proto byl tento typ nahrazen ložisky kuličkovými, tvořenými velkým množstvím kuliček o průměru 2 - 3 cm ze zvláště tvrdé oceli, uložených v šestiúhelníkových pouzdrech vyplněných mazivem. Pouzdra byla vkládána mezi ocelové plechy s vrstvami měkkého kovu, olova nebo hliníku, které byly vloženy mezi valnici a stolicí. Díky vysoké ceně se používala zřídka a postupně byla nahrazena ložisky gumovými (elastomerovými).

6.2.7. Normalizovaná válečková ložiska

Byla vyráběna z ocelolitiny jako jednoválečková v typech I-V-1 až I-V-5 a dvouválečková II-V-1 až II-V-6 různých rozměrů a pro různá zatížení. Ke každému typu existoval odpovídající typ pevného ložiska, která byla značena I-P-1 až I-P-5 a obdobně II-P-1 až II-P-6. Schéma ložisek a charakteristické rozměry potřebné pro určení typu ložiska jsou níže, pro jejich velký význam a rozšíření uvádím v příloze A i zatěžovací diagramy.



Obr. 16 Schéma pohyblivých normalizovaných ložisek typu I 1:10 [10]



Obr. 17 Schéma pevných normalizovaných ložisek typu I 1:10 [10]

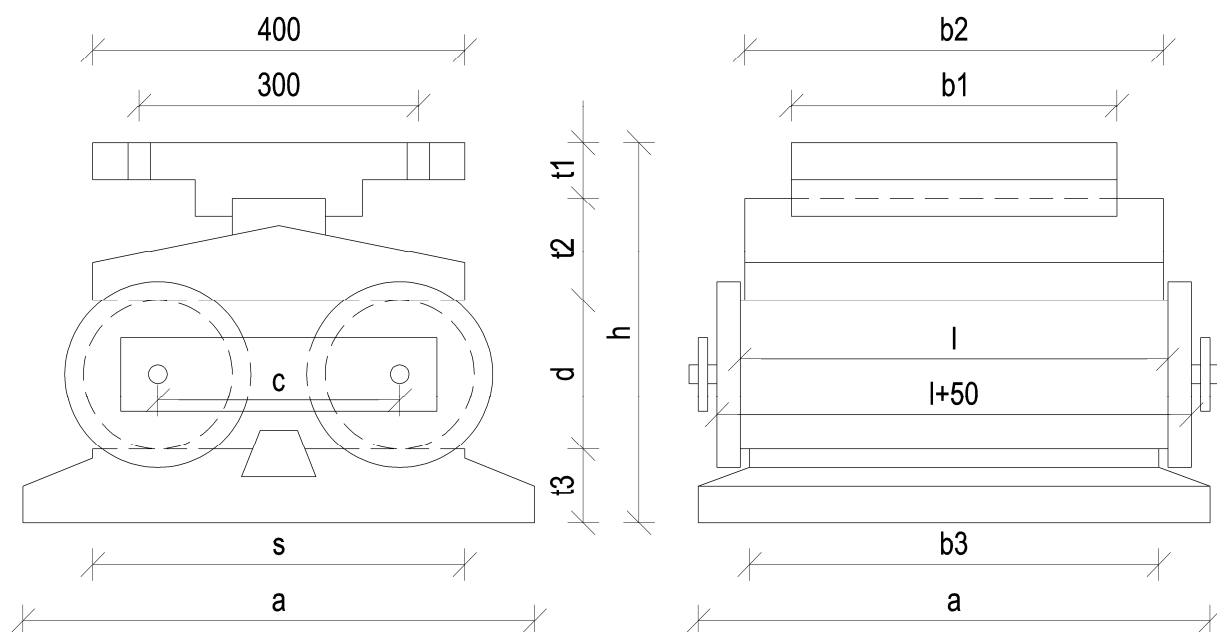
Označení		I-V-1	I-V-2	I-V-3	I-V-4	I-V-5
vahadlo	a1	350	350	400	400	400
	b1	400	450	480	550	550
	t1	50	50	60	60	60
	c	100	100	150	150	150
	e	250	250	300	300	300
váleček	d	125	160	200	200	250
	l	410	460	490	560	560
úložná deska	a2	350	350	420	420	500
	b2	460	510	40	610	610
	t2	60	60	70	70	70
	c	100	100	150	150	150
	f	45	45	60	60	75
	g	160	160	200	200	250
celk. výška	h	235	270	330	330	390
hmotnost [kg]		147	198	302	353	475
Označení		I-P-1	I-P-2	I-P-3	I-P-4	I-P-5
Typ		A		B		
vahadlo	b1	400	450	480	500	500
úložná stolice	a	500	550	580	650	650
	b2	490	540	570	640	640
	h2	185	220	270	270	300
	k	180	200	210	235	235
hmotnost [kg]		209	269	306	385	422

[mm]

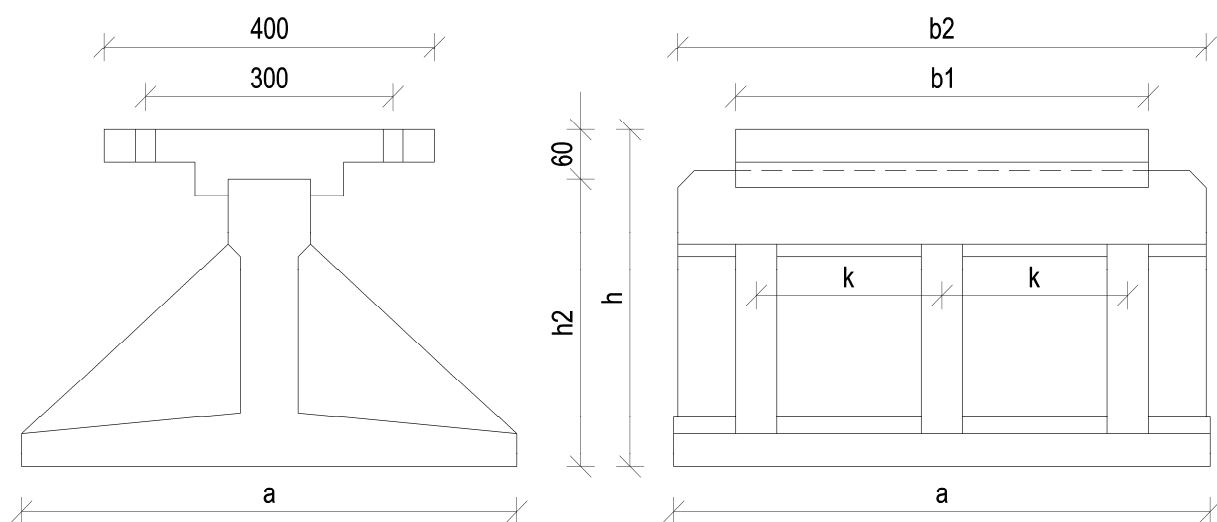
[mm]

Poznámka: Rozměry vahadel kromě b1 jsou u pevných a pohyblivých ložisek stejné.

Obr. 18 Typizace normalizovaných ložisek typu I [10]



Obr. 19 Schéma pohyblivých normalizovaných ložisek typu II 1:10 [10]



Obr. 20 Schéma pevných normalizovaných ložisek typu II 1:10 [10]

Označení		II-V-1	II-V-2	II-V-3	II-V-4	II-V-5	II-V-6
vahadlo	b1	300	350	400	500	500	700
	t1	70	70	80	80	80	80
valnice	a2	360	420	480	480	600	600
	b2	400	450	500	600	650	800
	t2	95	110	130	130	150	150
válečky	d	125	160	200	200	250	250
	l	410	460	510	610	660	810
úložná deska	a	500	550	600	700	800	900
	b3	100	150	500	600	650	800
	t3	70	80	80	80	90	90
	s	360	400	420	420	550	550
pásky 10 372	c	240	260	280	280	350	350
	e	340	360	380	380	450	450
celk. výška	h	360	420	490	490	570	570
hmotnost [kg]		352	507	717	899	1325	1635
Označení		II-P-1	II-P-2	II-P-3	II-P-4	II-P-5	II-P-6
Typ		C		D			
úložná stolice	a	500	600	700	800	900	1000
	b2	310	360	410	510	560	710
	b3	390	440	490	590	640	790
	b4	400	450	500	600	650	800
	h2	290	350	410	410	490	490
	c	20	25	30	35	40	45
	e	145	175	195	180	200	250
	f	-	-	-	185	200	250
	g	105	125	155	125	150	125
celk. výška	h	360	420	490	490	570	570
hmotnost [kg]		231	335	459	626	805	1013

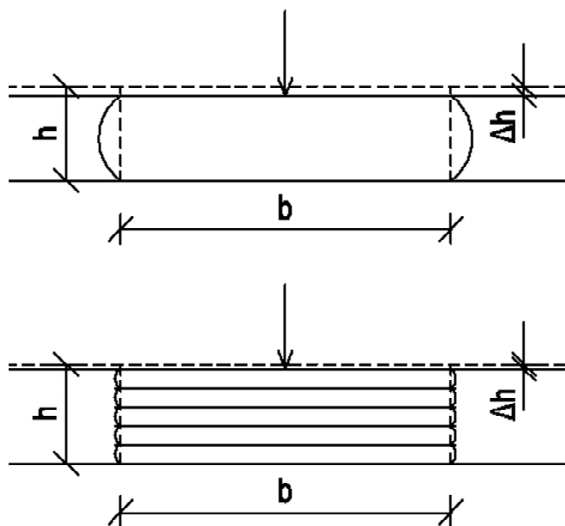
Poznámka: Vahadla pevných a pohyblivých ložisek jsou stejná.

Obr. 21 Typizace normalizovaných ložisek typu II [10]

6.2.8. Elastomerová ložiska jednoduchá a vyztužená

V šedesátých letech byla zaváděna ložiska gumová, založená na jiném principu než do té doby běžná ocelová. Byla menší a lehčí, nevyžadovala údržbu a byla snáze vyměnitelná. Životnost byla předpokládána 20 – 30 let [12], tedy odpovídající životnosti ocelových ložisek. Pro srovnání uvádím požadavek ze současného TP: „Při běžné pravidelné údržbě a působení předvídatelných vlivů na stavby musí elastomerová ložiska (EL) mít vlastnosti po dobu předpokládané životnosti, která je stanovena po dobu 30 let.“ [6] Velikou výhodou je vícesměrná deformovatelnost, rovnoměrnější využití a roznos sil ložiskem. Toto chování umožňuje použití syntetické gumy tvaru čtverce, obdélníku nebo pásu (v současnosti i kruhu), která je pružná a poddajná, ale nestlačitelná. Konkrétně byl používán neopren a butylkaučuk, později pro svou větší odolnost vůči chemickým činitelům a působení prostředí chloroprenový kaučuk. Oproti předchozím je ale hořlavý. Pro větší působící tlakové síly se vyšší gumové bloky dělily vložením ocelových nerezových plechů, čímž bylo omezeno jejich boulení a tedy i stlačení. Z počátku byla tloušťka plechů volena 1 – 2 mm a tloušťka gumových desek 1 – 1,5 cm, přičemž plechy gumu přesahovaly o cca 1 cm. Později byly plechy tloušťky 2 – 3 mm do bloku zavulkanizovány, tloušťka desek se pohybovala v závislosti na typu v rozsahu 5 – 8 mm. Výhradním dodavatelem vyztužených elastomerových ložisek pro ČSSR a v rámci RVHP možná i další státy byly Dopravní stavby Olomouc, výrobcem bánskobystrický závod Rudné Baně, dodávané výrobky nesly označení ELV 1 až ELV 6 a materiál Gumokov 24 - 35.

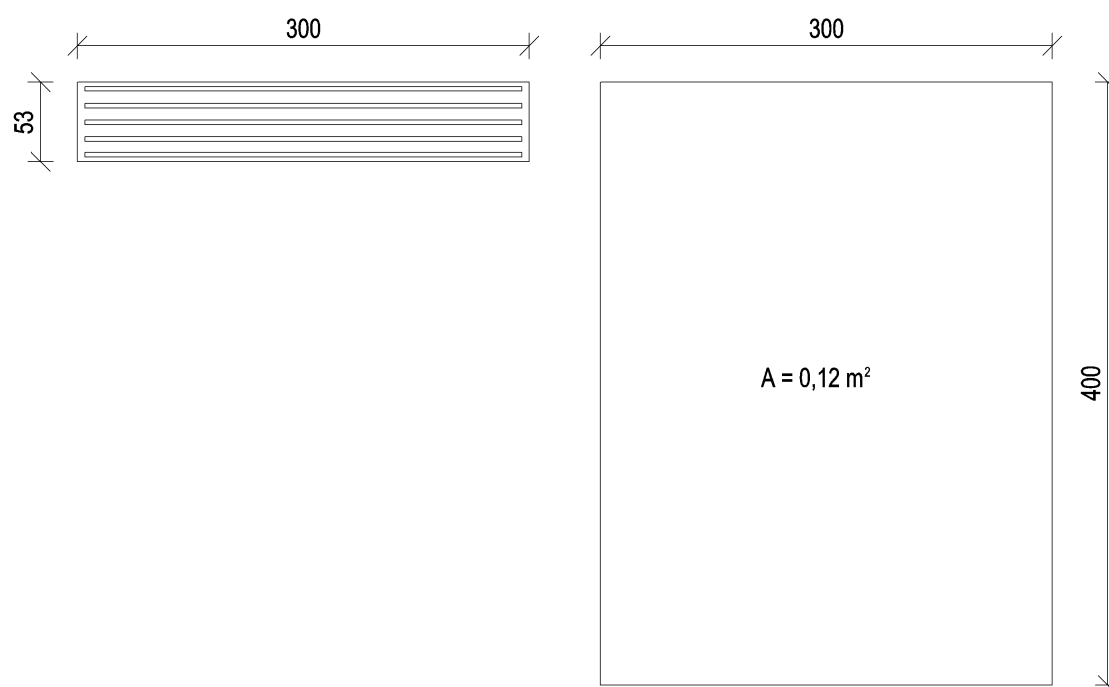
Ložiska byla kladena přímo na úložný práh, pokud byla úložná plocha vodorovná, čistá a dostatečně drsná. Pokud ne, používala se pro vyrovnání cementová malta nebo plastmalta (dnes označovaná polymerbeton), při větších mocnostech vyztužená. Vodorovnost horního styku byla zajištěna při betonáži, v případě prefabrikátů v příčném nebo podélném sklonu klínováním.



Obr. 22 Schéma elastomerových ložisek [10]

Parametr:	jednotka	ELV 1	ELV 2	ELV 3	ELV 4	ELV 5	ELV 6
výrobní číslo	-	150.01	152.01	154.01	155.01	157.01	158.01
půdorysné rozměry	[mm]	150/200		200/300		300/400	
úložná plocha	[m ²]	0,03		0,06		0,12	
výška ložiska	[mm]	22	43	27	45	31	53
výška elastomeru	[mm]	16	31	18	30	22	38
počet meziplechů tl. 2 mm	[ks]	3	6	-	-	-	-
počet meziplechů tl. 3 mm	[ks]	-	-	3	5	3	5
hmotnost	[kg]	1,88	3,72	5,3	8,83	11,43	19,25
Síla minimální	[kN]	90		180		360	
Síla maximální	[kN]	300		750		1800	

Obr. 23 Typizace vyztužených elastomerových ložisek [12]

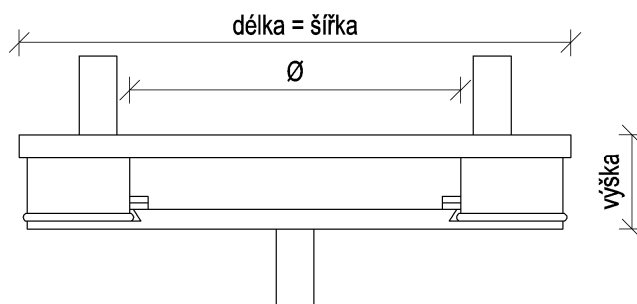


Obr. 24 Schéma ložiska ELV 6 [12]

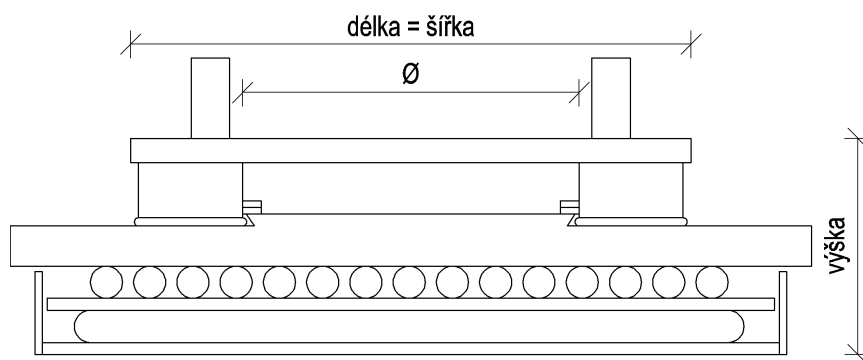
6.2.9. Elastomerová ložiska prstencová (hrncová)

Vznikla z ložisek elastomerových omezením stlačování sevřením gumy do prstence a následnými dalšími úpravami. Sevřený elastomer je objemově takřka nestlačitelný a nemůže se příčně roztláčet do stran, jeho modul pružnosti v tlaku několikanásobně vzroste a začne se chovat jako kapalina. To mimo jiné zajišťuje rovnoměrný roznos působících sil. Tato ložiska byla používána ve variantách pevná a pohyblivá v jednom nebo ve dvou směrech. Pohyblivosti bylo dosaženo uložením soustavy na řadu válcových jehel uspořádaných v příčném nebo podélném směru, případně ve dvou vrstvách na sebe kolmých, umožňující oba příslušné pohyby. Novějším prvkem je kluzná teflonová vložka, jejíž koeficient tření klesá spolu s narůstáním působícího tlaku. Velice rychle nahradila zmíněné jehly.

Pro schopnost přenášet vysoké tlakové zatížení rovnoměrně do spodní stavby byla tato ložiska používána pro mosty největších rozpětí. Vyráběna byla s deklarovanou únosností od 100 do 5000 Mp v případě pevných a od 200 do 3500 Mp v případě pohyblivých.



Obr. 25 Hrncové ložisko pevné [10]



Obr. 26 Hrncové ložisko všesměrně pohyblivé (starý typ s jehlami) [10]

7. Diagnostika uložení mostu ev. č. 8-045

Most přes Bystřici a ulici Pražskou se nachází v Bystřanech, okres Teplice, a převádí silnici I/8 přes uvedené překážky. Liniové staničení je 20,255 km, GPS souřadnice křížení mostu jsou 50.62887, 13.858269. Jedná se o středně velký objekt se šesti poli uvedený do provozu roku 1974, v současnosti je po rozsáhlé opravě. Navzdory tomu je hodnocen stupni V – špatný pro spodní stavbu a VI – velmi špatný pro nosnou konstrukci s použitelností IV – omezeně použitelné. Původní dokumentace v systému hospodaření s mosty (BMS) chybí, stejně jako dokumentace proběhlých oprav.

Zpracované informace o mostu ev. č. 8-045 jsou veřejně dostupné, doložené v příloze B.



Obr. 27 Most ev. č. 8-045 před sanací [27]



Obr. 28 Most ev. č. 8-045 současnost (foto autor)

Založení je pravděpodobně hlubinné, opěry a pilíře masivní železobetonové. Nosná konstrukce je tvořena devíti prefabrikovanými předpjatými nosníky typu Ševčík, které jsou každý samostatně osazeny na ložiska. Statickým schématem nosníků je prosté uložení na jednom konci tvořené pevným ložiskem a na opačném jednoválečkovým pohyblivým. Orientace je ve všech polích jednotná. V celém systému není zmíněn typ ložisek nebo jejich únosnost, v sekci údržba je pouze poznámka z 18. 4. 2007 o nutnosti je očistit od koroze a nakonzervovat, což bylo při následné sanaci provedeno. Cílem vlastní prohlídky bylo určení jejich typu na základě vizuálních a geometrických parametrů. Při tom byly zjištěny další závady.



Obr. 29 Pohyblivá ložiska na podpěře (foto autor)



Obr. 30 Délka válečku (foto autor)



Obr. 31 Průměr válečku (foto autor)



Obr. 32 Výška pohyblivého ložiska (foto autor)

Oměřením byly zjištěny následující hodnoty:	Celková výška	$h \approx 33 \text{ cm}$
	Délka válečku	$l \approx 49 \text{ cm}$
	Průměr válečku	$d \approx 20 \text{ cm}$

Z provedení ložiska a doby realizace mostu vyplynulo pravděpodobné zařazení ložiska mezi normalizovaná jednoválečková. Porovnání celkové výšky a průměru válečku se shodovalo s výrobními rozměry ložisek s označením I-V-3 a I-V-4, délka válečku pak umožnila jeho jednoznačné určení jako **ložisko I-V-3**.



Obr. 33 Pevná ložiska na podpěře (foto autor)



Obr. 34 Šířka úložné stolice pevného ložiska (foto autor)



Obr. 35 Délka úložné stolice pevného ložiska (foto autor)



Obr. 36 Délka vahadla pevného ložiska (foto autor)



Obr. 37 Celková výška pevného ložiska (foto autor)

Oměřením byly zjištěny následující hodnoty:	Šířka stolice	$h \approx 57 \text{ cm}$
	Délka stolice	$l \approx 58 \text{ cm}$
	Délka vahadla	$d \approx 40 \text{ cm}$
	Celková výška	$h \approx 32 \text{ cm}$

Na základě provedení ložiska, doby realizace mostu a použití ložiska I-V-3 na tomto objektu byl předpoklad použití odpovídajícího pevného ložiska I-P-3. Porovnáním všech změřených parametrů s tabulkovými hodnotami tento předpoklad potvrdilo, jedná se o **ložisko I-P-3**.



Obr. 38 Plentovací zídky teplické opěry (foto autor)



Obr. 39 Úložný práh a ložiska teplické opěry (foto autor)

Tyto fotografie dokumentují pravděpodobně nejzávažnější závady mostu, a totiž nevhodnou konstrukci úložných prahů hloubky 170 cm, nefunkční plentovací zídky a zejména dlouhodobé zatékání. Částečně ze stran NK při šikmém dešti, dílem se může jednat o průsak skrze mostní závěry. Množství jemnozrnných usazenin v levé části prahu pak ukazuje na porušení závěrné zdi a průsak ze zemního tělesa přechodové oblasti. To se již projevuje na stavu sanovaných ložisek, největší míru koroze jsem zaznamenal na levém krajním válci (ve směru staničení) teplické opěry. Zatím se jeví ložisko jako funkční, pokud však působící voda obsahuje posypové soli, může dojít k poměrně rychlé opětovné korozi se ztrátou pohyblivosti a únosnosti, případně s poklesem krajního nosníku.



Obr. 40 Stativa pilířů (foto autor)



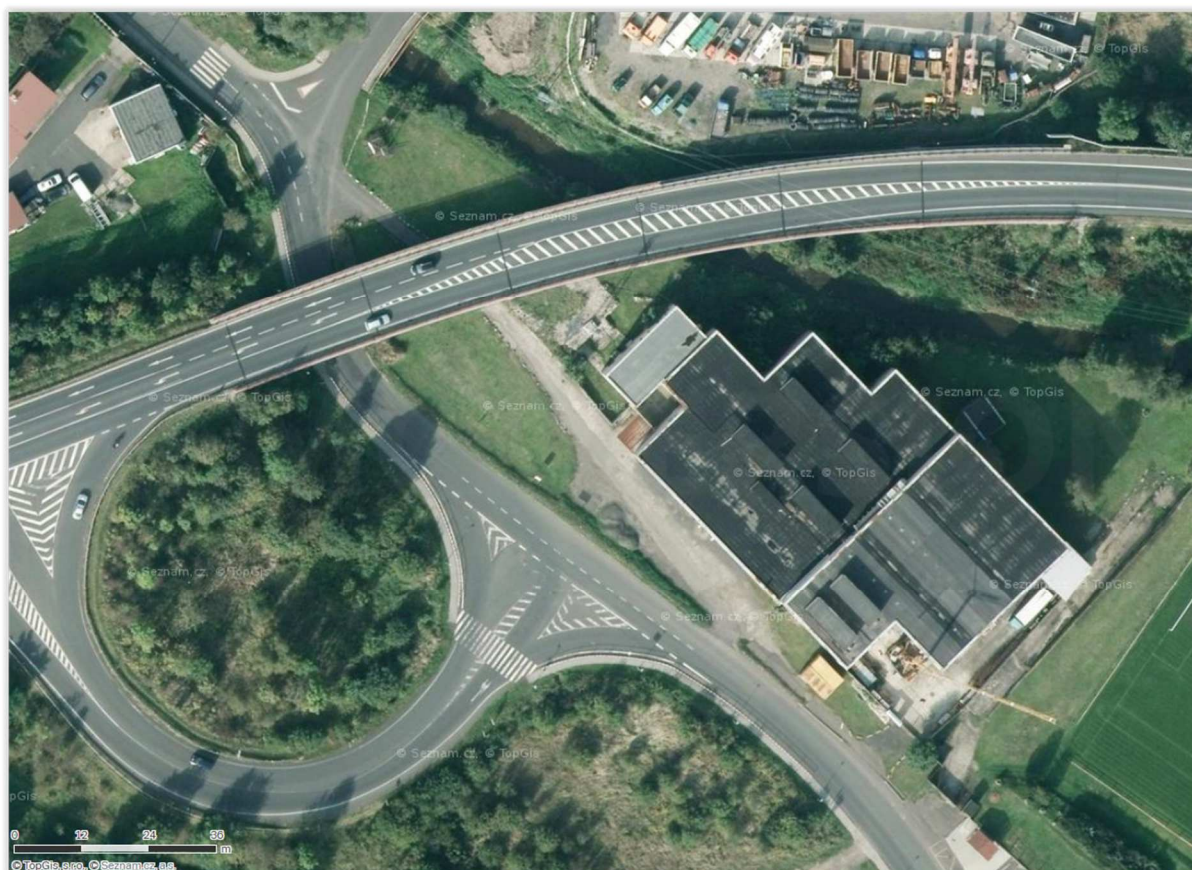
Obr. 41 Úložný práh a ložiska pražské opěry (foto autor)

Na pilířích nejsou patrné známky degradace, a to ani nad terénem v blízkosti silnice. Stativa jsou poznamenána stékáním sanační a konzervační hmoty ložisek na olejové bázi, zřejmě jí bylo použito nadměrné množství. Může to být ale způsobeno i zatékáním srážkových vod, které je umožněno jednostranným sklonem stativa a nevhodným, otevřeným zakončením přesahujícím nosnou konstrukci. Potíže s odvodněním díky chybějícímu příčníku a příliš dlouhému stativu jsou dobře patrné i na nevzhledném odvodnění trubkou doslova trčícím mimo jeho půdorys. Tato úprava se naštěstí nachází pouze na méně pohledově exponované straně vnitřního oblouku mostu.

Úložný práh pražské opěry je v lepším stavu než protilehlý, bez stop závažného zatékání. V nejhorším stavu je opět levé krajní ložisko, které je občasně vystaveno srážkovým vodám. Došlo k poškození ochranného nátěru, bez významné koroze pevného ložiska. V tomto případě nehrozí jeho zásadní poškození ani při dlouhodobé expozici. Povrch sanace je narušen trhlinou délky přibližně 2,4 m, která nezasahuje do betonu UP. Její vznik přisuzuji lokálnímu odtržení od podkladu díky působení vlhkosti.

7.1. Hodnocení stavu mostu ev. č. 8-045

Most ev. č. 8-045 je ve vizuálně dobrém stavu, jeho konstrukce však ve zkoumané oblasti obsahuje několik nevhodně řešených detailů, které nebyly rozsáhlou opravou z roku 2008 odstraněny. Pravděpodobná je i porucha jedné závěrné zdi s nárazovými průniky vody. Díky těmto faktorům mají korozní činitele přístup k některým ložiskům, zatím bez ohrožení funkčnosti. Jiná poškození spodní stavby ani nosné konstrukce jsem nezaznamenal, mohou však být dočasně skryta pod sanovaným povrchem. V souladu s ČSN 73 6221 [14] bych na základě zjištěných skutečností mostu přiřadil klasifikační stupeň IV – Uspokojivý stav, tedy mírnější než je vedeno v systému hospodaření s mosty. Vzhledem k původní koncepci objektu, kterou považuji minimálně ve zkoumaných oblastech za nevyhovující, a provedené opravě odstraňující poruchy, ale bez snahy o odstranění jejich příčin, je však na místě opatrnost. Proto se ztotožňuji se stávajícím hodnocením V stupeň pro spodní stavbu, a oprávněnost VI stupně pro nosnou konstrukci nehodlám zpochybňovat.



Obr. 42 Most 8-045, letecký pohled [26]

Teplická opěra se nachází vlevo, pražská vpravo. Mostní pole jsou dobře patrná.

8. Závěr

Prohlídka mostu ev. č. 8-045 bez archivované dokumentace a znalosti způsobu podepření nosné konstrukce vedla při použití informací obsažených v této práci k jednoznačnému definování typu ložisek na mostě použitých. Součástí prohlídky bylo také ověření polohy ložisek u vybraných podpěr, vizuální kontrola jejich opotřebení a míry koroze. Zjištěný stav ložisek a ložiskové oblasti neodpovídá předpokládanému stavu u mostu v polovině životnosti, navíc po rozsáhlé opravě. Prozkoumání příčin ukazuje na projekčně špatně řešené detaily odvodnění, jež nebyly odstraněny a povedou k opětovné degradaci. S přihlédnutím ke klasifikačnímu stupni stavu mostu byly získány částečné podklady pro statický posudek (s nutností zaměření objektu pro zjištění všech rozměrů a stanovení materiálových charakteristik, stejně jako vyztužení a zbytkové předpínací síly v nosnících), jehož výsledkem by bylo stanovení zatížitelnosti. Navzdory důležitosti mostu převádějícího silnici první třídy a vedené jako evropský tah nebyla po překročení životnosti ložisek provedena jejich výměna, ale pouze ekonomicky úsporná údržba. Výskyt ložisek o stáří přibližně 43 let na tomto objektu opravňuje k předpokladu existence ještě starších způsobů uložení na mostech nižší důležitosti.

I přes zvýšené nároky na projekční a stavební činnost v oblasti mostního stavitelství je značná část objektů ve špatném stavu. Důvodem je v mnoha případech nedostatečná nebo zcela zanedbaná údržba, často ospravedlňovaná nízkými prostředky na ni určenými. V důsledku však tento laxní přístup generuje stejné nebo vyšší náklady na jednorázové opravy havarijních stavů. Užíváním „do zničení“ trpí nejvíce nejcitlivější části, kterými kromě jiných ložiskové konstrukce bezesporu jsou. Určení obtížně dostupného a zanedbaného, archaického prvku uložení a jeho stavu, zbytkové životnosti a únosnosti, vedoucí k zodpovědnému rozhodnutí o užívání nebo uzavření mostu, je pak obzvláště náročným úkolem. Pro usnadnění hledání řešení nabízím v této bakalářské práci rozbor diagnostických postupů daných platnými normami a ucelený přehled užívaných ložiskových konstrukcí. Vycházel jsem z různých soudobých publikací určených pro studijní účely, oborových norem a předpisů jednotlivých organizací. Jen menší část z nich je vedena elektronicky, další se mi podařilo získat v podobě originálů a některé, zejména drážní typizační směrnice, nejsou vedeny v žádném archivu ani soukromých knihovnách dotazovaných úsekových pracovníků. Shromážděné informace o ložiskových konstrukcích jsem v maximální míře přiřadil k období jejich nejčastějšího užívání a mostům, u kterých je lze předpokládat. Věřím, že se je v této podobě podaří uchovat a zpřístupnit zájemcům o komplexní přístup k diagnostice mostů.

9. Seznam použitých pramenů

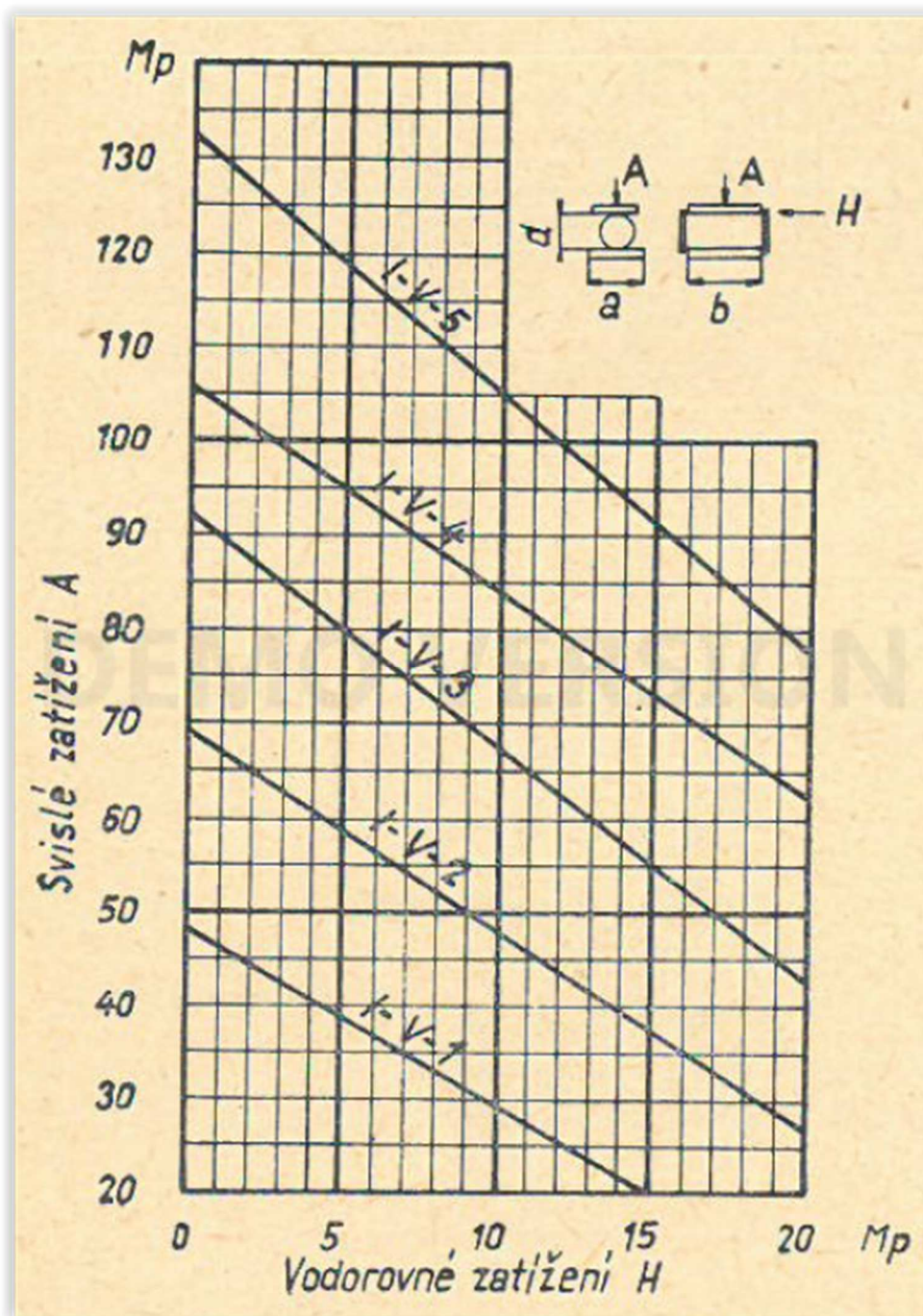
- [1] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací. *Kapitola 1 TKP*. Praha: Ministerstvo dopravy, Odbor infrastruktury, 2007.
- [2] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací. *Kapitola 22 TKP*. Praha: Ministerstvo dopravy, Odbor infrastruktury, 2007.
- [3] ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [4] ČSN EN 1337. *Stavební ložiska – Část 1 - 11*. Praha: Český normalizační institut, 1999 – 2008.
- [5] Technické podmínky 75. *Uložení nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací*. Praha: Pragoprojekt, 2006.
- [6] Technické podmínky 160. *Mostní elastomerová ložiska*. Praha: Pragoprojekt, 2003.
- [7] Technické podmínky 173. *Použití mostních hrncových ložisek*. Praha: Pragoprojekt, 2005.
- [8] KOLÁŘ, Jan, František FALTUS, Antonín BREBENA a František KLOKNER. *Technický průvodce 11. Mostní stavitelství I.* Praha: Vědecko-technické nakladatelství, 1949. ISBN .
- [9] KLIMEŠ, Jiří. *Betonové mosty I, Úvodní část, propustky, desky, trámy, opěry a pilíře, ložiska a klouby*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958. ISBN 31451.
- [10] KLIMEŠ, Jiří a Karel ZŮDA. *Betonové mosty I, Mosty z prostého a železového betonu*. Praha: SNTL, 1968. ISBN 04-707-68.
- [11] JANDA, Lubor, Jozef ZVARA a Zdeněk KLEISNER. *Betonové mosty*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988.
- [12] Technologické pokyny 27. *Technické podmínky pro návrh a používání mostních elastomerových ložisek vyztužených*. Praha: Sdružení pro výstavbu silnic, 1989.
- [13] ON 73 6277. *Navrhování ocelových mostních ložisek*. Praha. Vydavatelství ÚNM, 1965
- [14] ČSN 73 6221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2011.

- [15] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [16] ČSN 73 1370. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Společná ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [17] ČSN EN 12504-1. *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [18] ČSN EN 13791. *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných dílcích*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [19] ČSN 73 1373. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. Praha: Český normalizační institut, 2011
- [20] ČSN EN 12504-2. *Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem*. Praha: Český normalizační institut, 2013
- [21] ČSN 73 1371. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*. Praha: Český normalizační institut, 2011
- [22] ČSN EN 12504-4. *Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu*. Praha: Český normalizační institut, 2005
- [23] ČSN 73 1376. *Radiografie betonových konstrukcí a dílců*. Praha: Český normalizační institut, 1978
- [24] SZYMANIK, Barbara, Pawel Karol FRANKOWSKI, Tomasz CHADY a Cyril Robinson Azariah John CHELLIAH. *Detection and Inspection of Steel Bars in Reinforced Concrete Structures Using Active Infrared Thermography with Microwave Excitation and Eddy Current Sensors*. [online] 2016 National Center for Biotechnology Information. [cit. 2017-04-24] Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4801610/>
- [25] Politika jakosti pozemních komunikací. *Vzorové listy staveb pozemních komunikací: VL 4 – Mosty*. [online]. 2015 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z:
http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_10_VL/VL_4_2015.pdf
- [26] www.mapy.cz. *mapy.cz*. [online]. 24.4.2017 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/letecka?x=13.8574506&y=50.6283520&z=19>

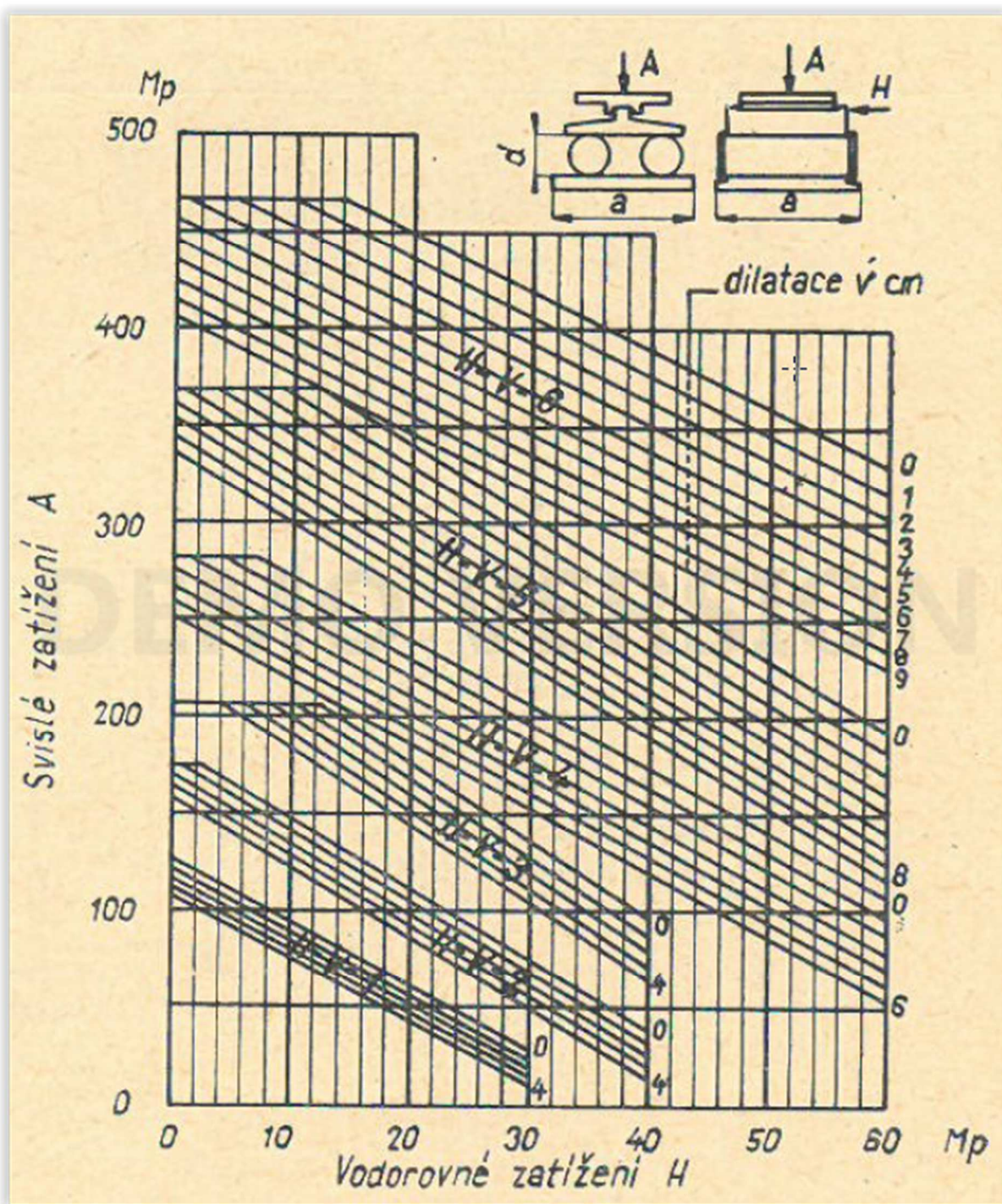
- [27] bms.vars.cz. *Systém hospodaření s mosty (BMS)*. [online]. 24.4.2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://bms.vars.cz/a_most.asp?icieb=&objectid=13377&nazev=Most%20p%F8es%20Byst%F8ici%20a%20ul.%20Pra%9Eskou,%20Byst%F8any

10. Přílohy

Příloha A



Obr. 43 Zatěžovací diagram normalizovaných ložisek typu I [10]



Obr. 44 Zatěžovací diagram normalizovaných ložisek typu II [10]

8 - 045 (Most přes Bystřici a ul. Pražskou, Bystřany)

Odpovědná osoba: Míčka Tomáš, Ing.; datum poslední změny: 21.3.2016 07:22:12

Číslo silnice a mostu 8 - 045	Číslo úseku 0232A084 0232A085	Dočasné ev. číslo ne
Název Most přes Bystřici a ul. Pražskou, Bystřany		Místní název Bystřany
Staničení (na úseku) 0,404 [km]	Liniové (provozní) staničení 20,255 [km]	
Druh objektu Most	Druh zatimního mostu Nezadaný	
Kraj Ústecký	Předmět přemostění Vodoteč a silnice	
Okres Teplice	Vodní tok Potok	
Obec Bystřany	Třída komunikace 1. třída	
K.u. Bystřany	Vybraná síť Nezadaný	
Archivace projektu Neznámá	Vymezený tah Nezadaný	
Správce ŘSD ČR	Evropský tah <input checked="" type="checkbox"/>	
Teplice	Ulice	

Obr. 45 Most 8-045, sekce základní údaje [27]

8 - 045 (Most přes Bystřici a ul. Pražskou, Bystřany)

Odpovědná osoba: Míčka Tomáš, Ing.; datum poslední změny: 21.3.2016 07:22:12

Identifikátor mostu
13377

Délka/výška/šířka, prostorová úprava (údaje jsou v metrech)

Délka mostu 0	Stavební výška 1,4	Volná výška nad vozovkou 0	Rok postavení 1974
Celková šířka 11,5	Úložná výška 0	Volná šířka 11	Označení šikmosti Kolmý
Délka přemostění 149,4	Výška nad terénem 9,1	Šířka mezi obrubami 10,5	Šikmost (g) 100
Délka NK mostu 150,9	Výška nad hladinou 8,5	Levý chodník 0	
Šířka mezi zábradlími 11	Hloubka vody 0,6	Pravý chodník 0	

Povrch komunikace Živice

Povrch chodníku Nezadaný

Plocha mostu 1735,35 m²

Plocha vozovky 1584,45 m²

Plocha chodníku 0 m²

Záchytná zařízení na mostě

Ocelové zábradlí s vodorovnou výplní a ocelové svodidlo.

Různá zařízení na mostě

Reprodukční pořizovací hodnota: 0 Kč

Způsob výpočtu RPH: Základní metodika stanovení RPH

Inventurní číslo: 0

Poznámka

Není náčrt jsou jen fotografie mostu, zadány jen údaje z ML, některé údaje proto chybí. RPH k 10.10.1996.

Obr. 46 Most 8-045, sekce základní passport [27]

8 - 045 (Most přes Bystřici a ul. Pražskou, Bystřany)

Odpovědná osoba: Míčka Tomáš, Ing.; datum poslední změny: 21.3.2016 07:22:12 Identifikátor mostu: 13377

Popis nosné konstrukce
NK tvoří prefabrikované železobetonové nosníky typu Ševčík, tvořící spojitou desku.

Celkový počet polí: 6

Popis skupin nosné konstrukce

	Počet polí	Šikmá	Kolmá	Konstr. výška	Rozpětí	Převažující materiál	Další materiál	Druh stat. působení	Prefabrikát
<input checked="" type="checkbox"/>	2	22,15	22,15	0	0	Předpjatý beton PREFA	Nezadaný	Deska spojitá	Ševčík
<input type="checkbox"/>	4	23,3	23,3	0	0	Předpjatý beton PREFA	Nezadaný	Deska spojitá	Ševčík

Obr. 47 Most 8-045, sekce nosná konstrukce [27]

8 - 045 (Most přes Bystřici a ul. Pražskou, Bystřany)

Odpovědná osoba: Míčka Tomáš, Ing.; datum poslední změny: 21.3.2016 07:22:12 Identifikátor mostu: 13377

Rozhodnutí o stavebním stavu mostu

Prohlídka	Spodní stavba	Koeficient1	Nosná konstrukce	Koeficient2	Použitelnost
HPM 8-045 (06/12/99, Systém Mostař)	VI - Velmi špatný	0	VI - Velmi špatný	0,4	Nezadaná
A 8-045 (08/03/02, Databanka Ostrava)	VI - Velmi špatný		VI - Velmi špatný		Nezadaná
HPM 8-045 (12/04/06, Kiml František Ing.)	V - Špatný	0,6	V - Špatný	0,6	Nezadaná
MPM 8-045 (20/03/14, Holá Blanka Ing.)	IV - Uspokojivý	0,8	VI - Velmi špatný	0,4	IV - Omezeně použitelné
HPM 8-045 (08/02/16, Míčka Tomáš Ing.)	V - Špatný	0,6	VI - Velmi špatný	0,4	IV - Omezeně použitelné

Obr. 48 Most 8-045, sekce stavební stav a zatížitelnost [27]

Poznámka autora: Prefabrikované nosníky typu Ševčík (nosník I73) jsou uvedeny jako železobetonové i předpjaté. Fakticky se nejedná o nepravdu, ale předpjaté konstrukce se jako železobetonové neoznačují.